E. 8

Anleitung

zur

Bestimmung der Refraktions-
und
Akkommodations-Anomalien
des Auges.

Für Rigorosanten und praktische Ärzte

von

Dr. Maximilian Bondi,

emer. I. Assistenten an der I. Universitäts-Augenklinik
in Wien.

Mit 28 Figuren im Texte.

WIEN.

VERLAG VON JOSEF ŠAFÁŘ.

1903.

Anleitung

zur

Bestimmung der Refraktions- und Akkommodations-Anomalien des Auges.

Für Rigorosanten und praktische Ärzte

von

Dr. Maximilian Bondi,

emer. I. Assistenten an der I. Universitäts-Augenklinik
in Wien.

Mit 28 Figuren im Texte.

WIEN.

VERLAG VON JOSEF ŠAFÁŘ.

1903.

Herrn Hofrat

Professor Dr. J. Schnabel,

Vorstand der I. Universitäts-Augenklinik in Wien,

in aufrichtiger Dankbarkeit

gewidmet

von seinem Schüler.

Inhalt.

Vorwort.

Im vorliegenden Büchlein soll in gedrängtester Kürze das für den praktischen Arzt, insbesondere aber für den Rigorosanten Wichtigste aus der Lehre von den Refraktions- und Akkommodationsanomalien des Auges rekapituliert werden. Während meiner Dienstzeit als Assistent an der unter Hofrat Schnabels Leitung stehenden I. Universitäts-Augenklinik in Wien, hatte ich in zahlreichen Kursen, welche ich für Rigorosanten und praktische Ärzte abgehalten hatte, Gelegenheit zu beobachten, daß ebenso wie in den Vorlesungen, so auch in den Kursen, namentlich in den »Paukkursen«, viel Zeit für das Niederschreiben des Vorgetragenen verwendet wird, so daß schließlich auch »Scripta« des jeweiligen Kurslesers in den Handel gebracht werden. Ich habe deshalb auf Grund mehrjähriger eigener Erfahrungen das unumgänglich Notwendigste für den Rigorosanten in der Art zusammengefaßt, wie ich es in den einzelnen Kursstunden in dem »Repetitorium der praktischen Augenheilkunde«

durchgenommen habe, so daß innerhalb 7 Kursstunden die Lehre von den Refraktions- und Akkommodations-Anomalien des Auges, soweit sie für den Rigorosanten, resp. praktischen Arzt in Betracht kommt, erledigt werden konnte. Auch den Stil des Einpaukers habe ich beibehalten, desgleichen sind Wiederholungen des bereits Gesagten absichtlich im Sinne eines Paukkurses eingeflochten.

Das Büchlein soll in erster Linie dem Kursisten ein Vademecum sein, welcher einerseits das für den Rigorosanten und praktischen Arzt unbedingt Notwendigste über Refraktion und Akkommodation in kürzester und gedrängtester Form vorfindet, während andererseits alles, was den bereits mit dem Stoffe Vertrauten interessieren würde, vollständig ausgeschlossen ist. Dazu sind Hand- und Lehrbücher der Funktionsprüfung des Auges notwendig, deren Stufe dieses Büchlein nicht erreichen kann und will.

Ich glaube daher, daß dem Rigorosanten dieses Büchlein ein nicht unerwünschter Behelf bei der Vorbereitung für das Rigorosum sein dürfte, aber auch der praktische Arzt dürfte eine kurze, übersichtliche, dabei aber dennoch nicht oberflächliche Darstellung der »Brillenlehre« willkommen heißen.

Der Verfasser.

1. Kursstunde.

I. Das schematische Auge.
II. Sehschärfe-Messung.
III. Sehproben.

I. Das schematische Auge.

Um einen Gegenstand deutlich zu sehen, ist die Erfüllung zweier Bedingungen notwendig:

1. Muß auf der Netzhaut ein scharfes Bild des Gegenstandes entstehen.

2. Muß der hier gesetzte örtliche Reiz auf dem Wege des Sehnerven bis zum Sehzentrum weitergeleitet werden.

Das Bild, welches auf der Netzhaut entsteht, wird durch den dioptrischen Apparat des Auges — Hornhaut und Linse — erzeugt. Der dioptrische Apparat des Auges liefert ähnliche Bilder wie eine camera obscura, also umgekehrte, verkleinerte, reelle Bilder von Gegenständen, welche sich vor dem Auge befinden. Um die Lage der Bilder kennen zu lernen, ist die Kenntnis der Kardinalpunkte des Auges notwendig. Unter der Bezeichnung schematisches Auge (Donders) wurden denselben bestimmte Werte zugrunde gelegt.

Statt des komplizierten dioptrischen Apparates von Hornhaut und Linse, wird beim schematischen Auge nur eine einzige brechende Fläche, deren Krümmungsradius 5 *mm* beträgt, angenommen.

Vor dieser brechenden Fläche befindet sich Luft, hinter derselben Wasser; der Brechungsexponent n beträgt $^4/_3$. Die durch den Scheitelpunkt h der brechenden

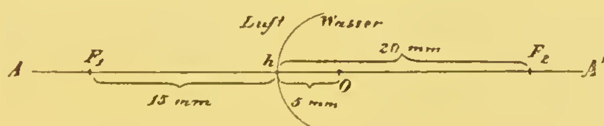


Fig. 1.

Fläche und den optischen Mittelpunkt O gezogene Gerade, gibt nach beiden Seiten verlängert die optische Achse des einfachen Systems. Auf der Achse liegen die vier Kardinalpunkte:

1. Der optische Mittelpunkt: O.
2. Der Hauptpunkt: h.
3. Der 1. Brennpunkt: F_1.
4. Der 2. Brennpunkt: F_2.

ad 1. Der optische Mittelpunkt oder Krümmungsmittelpunkt O hat die Eigenschaft, daß alle durch ihn durchgehenden Strahlen ihren Weg ungebrochen fortsetzen, da ja jede von O nach der sphärischen Fläche hin gezogene Gerade als Krümmungsradius senkrecht auf der Fläche steht. Der optische Mittelpunkt liegt 5 *mm* hinter dem Scheitel der brechenden Fläche.

ad 2. Der Hauptpunkt h liegt im Scheitel der brechenden Fläche. Die durch ihn gelegte senkrechte Ebene ist die Hauptebene. Alle Strahlen, welche vor der Brechung auf einen Punkt der Hauptebene treffen, sind nach der Brechung so gerichtet, als ob sie aus diesem Punkte herauskommen würden.

ad. 3. Der 1. Brennpunkt ist jener Punkt auf der Achse, von welchem jene Strahlen ausgehen, welche nach der Brechung achsenparallel gerichtet sind. Die Entfernung des 1. Brennpunktes vom Scheitel der brechenden Fläche wird die 1. Brennweite genannt. Der 1. Brennpunkt liegt im schematischen Auge 15 *mm* vor dem Scheitel der brechenden Fläche.

ad 4. Der 2. Brennpunkt ist jener Punkt auf der Achse, in welchem jene Strahlen zur Vereinigung kommen, welche vor der Brechung achsenparallel waren. Die Entfernung dieses Punktes vom Scheitel der brechenden Fläche wird die 2. Brennweite genannt. Der 2. Brennpunkt liegt 20 *mm* hinter dem Scheitel der brechenden Fläche.

Wenn wir von einem Objekte ein Bild entwerfen wollen, müssen wir von jedem Endpunkte des Objektes zwei Strahlen ziehen: Einen Strahl, welcher durch den optischen Mittelpunkt hindurchgeht und einen Strahl, welcher achsenparallel auffällt. Der erste Strahl setzt seinen Weg ungebrochen hindurch, während der zweite Strahl nach der Brechung durch den zweiten Brennpunkt hindurchgeht. Dort, wo sich die Strahlen nach dem Durchgange durch die brechende Fläche schneiden, entsteht das Bild des Gegenstandes.

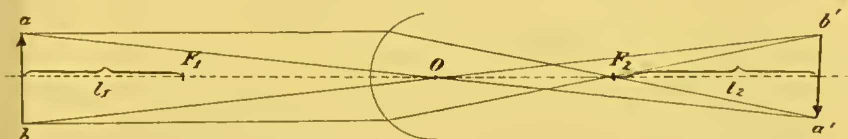


Fig. 2.

Die Lage des Bildes, d. h. die Entfernung vom Hauptpunkte berechnet man nach der Formel $l_1 \, l_2 = F_1 \, F_2$. In dieser Formel bedeutet F_1 = 1. Brennweite = 15 *mm*, F_2 = 2. Brennweite = 20 *mm*; folglich ist $F_1 \, F_2 = 15 \times 20 = 300$ *mm*.

l_1 bedeutet die Entfernung des Gegenstandes vom 1. Brennpunkte, l_2 bedeutet die Entfernung des Bildes vom 2. Brennpunkte.

Da l_1, die Entfernung des Gegenstandes vom 1. Brennpunkte gegeben ist, so ist $l_2 = \frac{300}{l_1}$.

Beispiel 1. Wo entsteht das Bild, wenn sich der Gegenstand 1 *m* (1000 *mm*) vor dem Scheitel des schematischen Auges befindet?

$$l_2 = \frac{300}{l_1} = \frac{300}{1000 \, mm} = 0{\cdot}3 \, mm.$$

Das Bild entsteht 0·3 *mm* hinter dem zweiten Brennpunkte.

Beispiel 2. Wo entsteht das Bild, wenn sich der Gegenstand 50 *cm* (500 *mm*) vor dem Scheitel des schematischen Auges befindet?

$$l_2 = \frac{300}{500} = 0{\cdot}6 \ mm.$$

Das Bild entsteht 0·6 *mm* hinter dem zweiten Brennpunkte.

Beispiel 3. Wo entsteht das Bild, wenn sich der Gegenstand 10 *cm* (100 *mm*) vor dem Scheitel des schematischen Auges befindet?

$$l_2 = \frac{300}{100} = 3 \ mm.$$

Das Bild entsteht 3 *mm* hinter dem zweiten Brennpunkte.

Je näher der Gegenstand an das Auge heranrückt, desto mehr rückt das Bild vom 2. Brennpunkte ab. Befindet sich der Gegenstand im 1. Brennpunkte, so ist $l_1 = 0$; es ist $l_2 = \frac{300}{0} = \infty$, das Bild liegt daher, wenn sich der Gegenstand im 1. Brennpunkte befindet, in ∞. Rückt dagegen der Gegenstand vom Auge ab, so rückt das Bild immer näher an den 2. Brennpunkt. Liegt der Gegenstand ∞ weit, so daß $l_1 = \infty$ ist, so ist $l_2 = \frac{300}{\infty} = 0$, das Bild liegt daher, wenn sich der Gegenstand ∞ weit befindet, im 2. Brennpunkte.

II. Sehschärfe-Messung.

Definition der Sehschärfe: Die Fähigkeit, aus dem Netzhautbilde Objekte ihrer äußeren Form nach zu erkennen.

Die Sehschärfe wird gemessen. Wie jede andere Messung ist auch die Sehschärfen-Messung ein Vergleich einer von Fall zu Fall gegebenen Größe mit einer ein für allemal gegebenen Größe.

Beispiel 4. Wenn ich sage, das Zimmer ist 10 *m* lang, so vergleiche ich die Länge des Zimmers (eine wechselnde Größe) mit dem Metermaße als Einheit (eine konstante Größe).

Bei der Sehschärfe-Messung wird die konstante Größe ermittelt aus dem größten Abstande, in welchem ein normal sehscharfes und richtig eingestelltes Auge eine bestimmte Druckschrift liest.

Die wechselnde Größe ergibt das zu untersuchende Auge, nämlich den größten Abstand desselben von der bestimmten Druckschrift. Das Verhältnis dieser beiden Größen zu einander gibt den Ausdruck für die Sehschärfe des gesuchten Auges; es wird gewöhnlich in der Form eines Bruches ausgedrückt.

Beispiel 5. Es wird ein bestimmter Druck von dem Normalauge in 60 *cm* gelesen; das zu untersuchende Auge liest denselben bloß in 30 *cm*. Es verhält sich die Sehschärfe (*S*) des untersuchten Auges zum Normalauge wie 30 : 60 oder $S = {}^{30}/_{60}$.

Wir drücken für gewöhnlich die Sehschärfe durch einen Bruch aus, in dessen Zähler die Distanz kommt, aus welcher ge-

lesen wird, in dessen Nenner die Distanz, aus welcher gelesen werden soll.

Beispiel 6. Ein Druck soll aus 60 *m* Entfernung gelesen werden, das zu untersuchende Auge liest denselben bloß aus 6 *m*, folglich ist $S = {}^6/_{60}$ oder $^1/_{10}$ der normalen Sehschärfe.

Wir untersuchen die Sehschärfe auf zwei Arten, und zwar entweder an Probeobjekten, welche dem Auge sehr nahe liegen oder an Probeobjekten, welche dem Auge ferne liegen.

Bei der ersten Methode nehmen wir ein bestimmtes Probeobjekt und suchen die größtmögliche Entfernung, in welcher dasselbe noch deutlich erkannt wird.

Beispiel 7. Wir ermitteln die größte Entfernung, in welcher z. B. ein Probedruck, welcher auf 100 *cm* vom Normalauge noch deutlich erkannt wird, vom untersuchten Auge noch deutlich gelesen werden kann. Wir finden z. B. 20 *cm*. Es wäre somit $S = {}^{20}/_{100} = {}^1/_5$ der normalen S. In diesem Falle war uns der Nenner = 100 gegeben, wir suchten den Zähler des Bruches, d. h. wir ermittelten die Distanz, in welcher noch gelesen werden kann.

Bei der zweiten Methode nehmen wir eine bestimmte Distanz an und suchen jenen Probedruck, welcher aus dieser konstanten Distanz noch richtig gelesen wird.

Beispiel 8. Wir untersuchen z. B. aus einer Entfernung von 6 *m* und finden, daß aus dieser Entfernung vom untersuchten Auge nur noch jener Druck erkannt wird, welcher ein Normalauge aus 10 *m* richtig erkennen würde. Wir finden daher $S = {}^6/_{10}$. In diesem Falle war uns der Zähler = 6 gegeben, wir suchten den Nenner des Bruches, d. h. wir ermittelten die Größe des Probedruckes, welcher noch aus einer bestimmten Distanz deutlich gelesen wurde.

Wir variieren somit bei der Sehschärfe-Messung entweder die Größe des Probedruckes oder die Größe der Entfernung. Bei einer genauen Prüfung sollen beide Untersuchungsmethoden stets miteinander verbunden werden.

Die Behelfe zur Sehschärfe-Messung sind:

1. *Sehproben.*
2. *Ein Brillenkasten.*
3. *Ein Maßstab.*

———

III. Sehproben.

Wir haben zwei Arten von Sehproben:
a) Für die Ferne (einzelne Buchstaben),
b) für die Nähe (zusammenhängender Druck).

Es ist überflüssig die Namen der Autoren, welche Sehproben angefertigt haben, zu nennen, da ja jedermann ohne besondere Vorkenntnisse imstande ist, sich Sehproben anzufertigen; doch müssen dieselben den weiter unten gestellten Bedingungen entsprechen.

a) Sehproben für die Ferne.

Dieselben bestehen aus mehreren Reihen von lateinischen Buchstaben (ev. auch gotische Buchstaben, Ziffern, Zeichen für Analphabeten). In jeder Reihe sind gleich große Buchstaben, u. zw. befinden sich die größten Buchstaben gewöhnlich in der obersten Reihe, die kleinsten in der untersten Reihe. Die Zahl der Reihen ist eine wechselnde. Es genügen 5 Reihen, doch können auch mehr angebracht werden. Über jeder Reihe oder zur Seite derselben ist noch eine Zahl (häufig eine römische) angebracht. Diese Zahl bedeutet die Entfernung, aus welcher ein normal sehscharfes und für die angegebene Entfernung richtig eingestelltes Auge diese Buchstaben lesen soll. Ist also ein Auge nicht imstande, aus der angegebenen Entfernung die Buchstaben zu lesen, so ist entweder die Sehschärfe nicht normal oder das Auge ist nicht für die bestimmte Entfernung eingestellt (oder auch beides).

Die Distanzen, aus welchen diese Art von Probedruck gelesen werden soll, sind bei den an der I. Wiener Universitäts-Augenklinik in Gebrauch stehenden Tafeln:

XXX, XV, X, VII$^1/_2$, VI (Meter).

Das Prinzip, welches der Größe der Buchstaben zugrunde liegt, beruht auf dem Gesichtswinkel. Unter Gesichtswinkel verstehen wir jenen Winkel,



Fig. 3.

welcher von zwei die Endpunkte des Objektes und den optischen Mittelpunkt des Auges verbindenden Strahlen gebildet wird.

Die Höhe eines jeden Buchstaben erscheint aus der angegebenen Distanz unter einem Gesichtswinkel von 5 Minuten. Nun ist aber jeder Buchstabe in ein Quadrat eingezeichnet, dessen jede Seite in 5 Teile geteilt ist, jedes kleine Teilquadrat erscheint daher aus der angegebenen Distanz unter einem Gesichtswinkel von 1 Minute. Der kleinste Gesichtswinkel, unter welchem zwei leuchtende Punkte am Horizonte noch getrennt wahrgenommen werden können, beträgt 1 Minute. Es muß das Auge also noch jedes einzelne Teilquadrat richtig erkennen, sollen nicht Verwechslungen der Buchstaben entstehen.

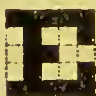


Fig. 4.

z. B.  sieht ähnlich 

Fig. 5. Fig. 6

Der Unterschied zwischen O und G beruht bei größerer Entfernung nur darin, daß beim G das kleine Quadratchen weiß bleibt, so daß der Kreis nicht vollständig geschlossen ist. Es muß also noch dieses kleine Quadrat richtig differenziert werden.

Untersuchung aus 6 *m* Entfernung:

Wer nur die Reihe	XXX	liest, hat	$S = 6/XXX$	$= 1/5$	$=$	$2/10$
» » »	XV	» »	$S = 6/XV$	$= 2/5$	$=$	$4/10$
» » »	X	» »	$S = 6/X$	$= 3/5$	$=$	$6/10$
» » »	VII$^1/_2$	» »	$S = 6/VII^1/_2$	$= 4/5$	$=$	$8/10$
» » »	VI	» »	$S = 6/VI$	$= 5/5$	$=$	$10/10$

Untersuchung aus 3 *m* Entfernung:

Wer nur die Reihe	XXX	liest, hat	$S = 3/XXX$	$= 1/10$
» » »	XV	» »	$S = 3/XV$	$= 2/10$
» » »	X	» »	$S = 3/X$	$= 3/10$
» » »	VII$^1/_2$	» »	$S = 3/VII^1/_2$	$= 4/10$
» » »	VI	» »	$S = 3/VI$	$= 5/10$.

b) Sehproben für die Nähe.

Diese bestehen aus zusammenhängendem Drucke. Auch hier sind in Bezug auf Größe des Druckes mehrere Abstufungen vorhanden; man kann bereits mit fünf Abstufungen gut auskommen.

Zum Unterschiede von den Sehproben für die Ferne, welche mit den größten Buchstaben in der obersten Reihe beginnen, fangen diese mit dem kleinsten Drucke an. Eine größere Reihe von Zeilen ist im gleich großen Drucke hergestellt; auch hier findet sich über jeder Abstufung die Zahl angegeben, in welcher das normal sehscharfe und richtig eingestellte Auge den Druck lesen soll. Während aber den Buchstaben für die Ferne ein bestimmtes Prinzip (Gesichtswinkel) zugrunde gelegt ist, entbehren diese Proben jeder wissenschaftlichen Grundlage. Sie werden einfach derart bestimmt, daß man an einer größeren Zahl

von normal sehtüchtigen Augen die größte Distanz ermittelt, aus welcher der Probedruck noch richtig gelesen werden kann. Die Durchschnittszahl einer größeren Zahl von normal sehtüchtigen Augen wird dann als normal angenommen.

Die Distanzen, aus welchen diese Art von Probedruck gelesen werden soll, sind bei dem an der I. Wiener Universitäts-Augenklinik im Gebrauche stehenden Probedrucke:

60 *cm*, 75 *cm*, 100 *cm*, 150 *cm*, 300 *cm*.

Wer	Probe	60	aus	60 *cm*	liest,	hat	$S = {}^{60}/_{60} = {}^{10}/_{10} = 1$
»	»	75	»	»	»	»	$S = {}^{60}/_{75} = {}^{8}/_{10}$
»	»	100	»	»	»	»	$S = {}^{60}/_{100} = {}^{6}/_{10}$
»	»	150	»	»	»	»	$S = {}^{60}/_{150} = {}^{4}/_{10}$
»	»	300	»	»	»	»	$S = {}^{60}/_{300} = {}^{2}/_{10}$

Diese Proben sind gewöhnlich in gotischer Schrift hergestellt, doch kann auch lateinische in Verwendung kommen.

2. Kursstunde.

IV. Der Brillenkasten.

IV. Der Brillenkasten.

Der Brillenkasten enthält hauptsächlich Linsen und Prismen.

Linsen sind durchsichtige, lichtbrechende Körper, welche von zwei gekrümmten Flächen begrenzt sind.

Prismen sind durchsichtige, lichtbrechende Körper, welche von zwei unter einem Winkel sich schneidenden Flächen begrenzt sind.

A. Linsen.

Die Linsen zerfallen in sphärische und zylindrische Linsen.

Sphärische Linsen sind Linsen, deren Oberflächen Abschnitte von Kugeloberflächen sind. Sie brechen alle auf sie fallenden Strahlen. (Die durch den optischen Mittelpunkt der Linse durchgehenden Strahlen werden natürlich nicht gebrochen.)

Zylindrische Linsen sind Linsen, deren Oberflächen Abschnitte von Zylinderoberflächen sind. Sie brechen nur einen Teil der auf sie auffallenden Strahlen und lassen jene Strahlen ungebrochen durch, welche in der durch die Zylinderachse gelegten Ebene liegen.

Sowohl die sphärischen als auch die zylindrischen Linsen können konvex oder konkav sein.

Sphärische Linsen.

Wir unterscheiden: *a*) Konvexlinsen, *b*) Konkavlinsen.

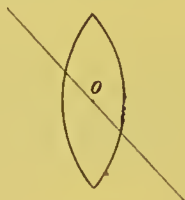
Konvexlinsen, auch Sammellinsen oder + Linsen genannt, bringen auffallende Strahlen früher zur Vereinigung als sie sich ohne Intervention der Linse vereint haben würden.

Konkavlinsen, auch Zerstreuungslinsen oder — Linsen genannt, bringen auffallende Strahlen später zur Vereinigung als sie sich ohne Intervention der Linse vereint haben würden, respektive erschweren oder verhindern die Vereinigung der Strahlen.

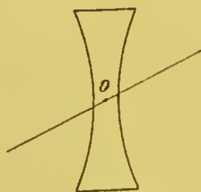
An jeder Linse haben wir folgende Begriffe zu unterscheiden:

a) Optischen Mittelpunkt.
b) 1. Brennpunkt.
c) 2. Brennpunkt.
d) 1. Brennweite.
e) 2. Brennweite.
f) Achse.
g) Brechkraft.
h) Numerierung.

ad *a*). Der optische Mittelpunkt entspricht dem Halbierungspunkte der Linsendicke. Alle in der Richtung des optischen Mittelpunktes auffallenden Strahlen gehen ungebrochen durch die Linse.



Konvexlinse.
Fig. 7.



Konkavlinse.
Fig. 8.

ad *b*). Der 1. Brennpunkt F_1 ist jener Punkt auf der Hauptachse, von welchem die Strahlen ausgehen, welche nach der Brechung achsenparallel laufen.

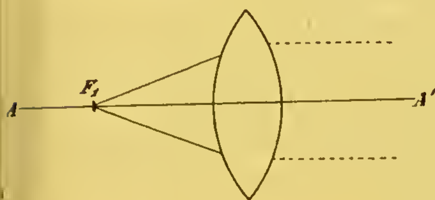


Fig. 9.

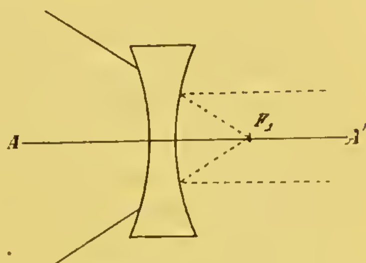


Fig. 10.

ad *c*). Der 2. Brennpunkt F_2 ist jener Punkt auf der Hauptachse, in welchem die Strahlen zur Vereinigung kommen, welche vor der Brechung der Achse parallel waren.

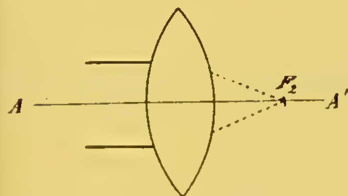


Fig. 11.

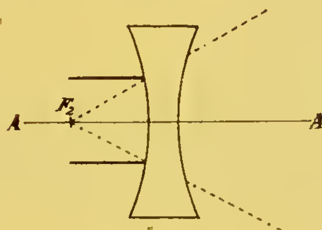


Fig. 12.

ad *d*). Die 1. Brennweite ist der Abstand des 1. Brennpunktes vom optischen Mittelpunkte.

ad *e*). Die 2. Brennweite ist der Abstand des 2. Brennpunktes vom optischen Mittelpunkte.

Wenn vor der Linse und hinter derselben dasselbe Mittel ist, so sind die beiden Hauptbrennweiten gleich und wir sprechen daher gewöhnlich schlechtweg nur von Brennweite, wenn wir von den Brillengläsern sprechen.

ad *f*). Die Hauptachse ist die durch den optischen Mittelpunkt und durch die beiden Brennpunkte gezogene Gerade.

Jede andere durch den optischen Mittelpunkt gezogene Gerade ist die Nebenachse.

Lichtstrahlen, welche in einer Achse der Linse durch dieselbe hindurchgehen, werden nicht gebrochen.

ad *g*). Die Brechkraft ist die Kraft, welche sich in der Ablenkung der Strahlen von ihrer ursprünglichen Richtung kundgibt. Je größer die Brennweite einer Linse, desto kleiner ist die Brechkraft.

Brennweite und Brechkraft sind einander umgekehrt proportioniert. Als Maß der Brechkraft dient die Dioptrie.

Unter Dioptrie (*D*) versteht man die Brechkraft einer Linse, deren Brennweite 100 *cm* ist.

2 *D* entsprechen einer Brennweite von $^{100}/_{2} = 50$ *cm*,
4 *D* » » » » $^{100}/_{4} = 25$ *cm*,
8 *D* » » » » $^{100}/_{8} = 12^{1}/_{2}$ *cm*,
20 *D* » » » » $^{100}/_{20} = 5$ *cm*.

Kennt man die Brechkraft einer Linse in Dioptrien (*D*) ausgedrückt, so gibt der reziproke Wert der Dioptrienzahl die Brennweite im Metermaß.

2 *D* = $^{1}/_{2}$ *m* = 50 *cm* Brennweite,
4 *D* = $^{1}/_{4}$ *m* = 25 *cm* »
8 *D* = $^{1}/_{8}$ *m* = $12^{1}/_{2}$ *cm* »
20 *D* = $^{1}/_{20}$ *m* = 5 *cm* »

Kennt man die Brennweite einer Linse im Metermaß ausgedrückt, so gibt der reziproke Wert der Brennweite die Brechkraft in Dioptrien.

Brennweite 50 *cm* = $^{1}/_{2}$ *m* = 2 *D*,
» 25 *cm* = $^{1}/_{4}$ *m* = 4 *D*,
» $12^{1}/_{2}$ *cm* = $^{1}/_{8}$ *m* = 8 *D*,
» 5 *cm* = $^{1}/_{20}$ *m* = 20 *D*.

ad *h*). Die Numerierung der Linsen erfolgt gegenwärtig nach Dioptrien, also nach der Brechkraft. Eine Linse Nr. 2 heißt also jetzt eine Linse von 2 *D* Brechkraft oder 50 *cm* Brennweite.

In unserem vollständigen Brillenkasten haben wir Linsen von 0·25 *D*, also einer Brennweite von $1/_{0\cdot25}$ *m* = 400 *cm* bis zu 20 *D*, also einer Brennweite von $1/_{20}$ *m* = 5 *cm*. Die frühere, in manchen Brillenkasten auch jetzt noch anzutreffende Numerierung erfolgte in Brennweiten, u. zw. waren dieselben nicht im Metermaße, sondern in Zoll ausgedrückt. Eine Linse Nr. 4 nach alter Bezeichnung bedeutete eine Linse von 4 Zoll Brennweite. Die brechende Kraft einer solchen Linse beträgt $1/_4$ der brechenden Kraft einer Linse von 1 Zoll Brennweite.

Eine Linse Nr. 10 nach alter Bezeichnung bedeutete eine Linse von 10 Zoll Brennweite oder $1/_{10}$ Brechkraft. Die höheren Nummern entsprachen demnach früher schwächeren, die niedrigen stärkeren Gläsern, während nach neuer Bezeichnung gerade das Umgekehrte der Fall ist. Nach der alten Bezeichnung erfährt man aus der Nummer der Linse die Brennweite derselben, gegenwärtig erfährt man aus der Nummer die brechende Kraft. Aus der letzteren kann man in einfachster Weise die Brennweite berechnen, indem man 100 durch die Zahl der *D* dividiert. Die erhaltene Zahl gibt die Brennweite in Zentimetern an.

Die Umrechnung der alten Bezeichnung in die neue und umgekehrt erfolgt nach der Formel $D\,Z = 40$, in welcher D = Dioptrienzahl, Z = Zoll (Brennweite) angibt. Dabei rechnen wir 40 Zoll = 100 *cm*.

Beispiel:

Eine Brille 4 *D*; $Z = \frac{40}{D} = \frac{40}{4} =$ 10 Zoll (Brennweite)

» 8 *D*; $Z = \frac{40}{D} = \frac{40}{8} =$ 5 » »

Beispiel:
Eine Brille alter Numerierung

$$20;\ D = \frac{40}{Z} = \frac{40}{20} = 2\ D \text{ (Brechkraft)}$$

$$13;\ D = \frac{40}{Z} = \frac{40}{13} = 3\ D$$

Eigenschaften der sphärischen Linsen.

Jeder auf eine Linse auffallende Lichtstrahl, welcher nicht durch den optischen Mittelpunkt der Linse durchgeht, erleidet eine Änderung in seiner Richtung, d. h. er wird abgelenkt oder gebrochen (Refraktion des Lichtes). Wir unterscheiden somit einen auffallenden und einen gebrochenen Strahl.

Der Punkt, von welchem die Strahlen ausgehen, welche von der Linse gebrochen werden, heißt der Objektpunkt, resp. das Objekt. Der Punkt, in welchem sich die von der Linse gebrochenen Strahlen vereinen, heißt der Bildpunkt, resp. das Bild.

Objekt und Bild können reell oder virtuell sein.

Reell ist das Objekt oder das Bild, wenn es der faktische Ausgangs-, beziehungsweise Vereinigungspunkt der Strahlen ist (z. B. Konvexlinsen).

Virtuell ist das Objekt oder das Bild, wenn es nur der scheinbare Ausgangs-, beziehungsweise Vereinigungspunkt der Strahlen ist (z. B. Konkavlinsen).

Konvexlinsen.

Soll von einem Objektpunkte, resp. einem Objekte, die Lage des Bildpunktes, resp. des Bildes, ermittelt werden, so zieht man von dem Objektpunkte stets zwei Strahlen, u. zw. den einen durch den optischen Mittelpunkt der Linse und den anderen parallel zur Linsenachse.

a ist der Objektpunkt. Von demselben geht ein Strahl durch den optischen Mittelpunkt O ungebrochen hindurch; der zweite achsenparallele Strahl wird zum 2. Brennpunkte

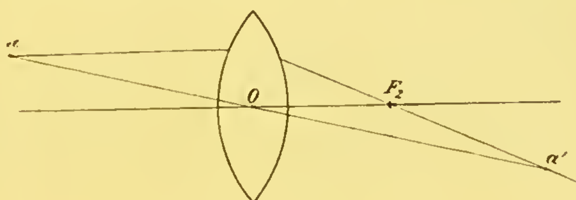


Fig. 13.

F_2 gebrochen. Dort, wo der gebrochene Strahl den ungebrochenen schneidet, entsteht der Bildpunkt a_1. In diesem Falle ist sowohl der Objektpunkt als auch der Bildpunkt reell.

Von dem Objekte a b entsteht das Bild in a_1 b_1; es ist ein umgekehrtes reelles Bild.

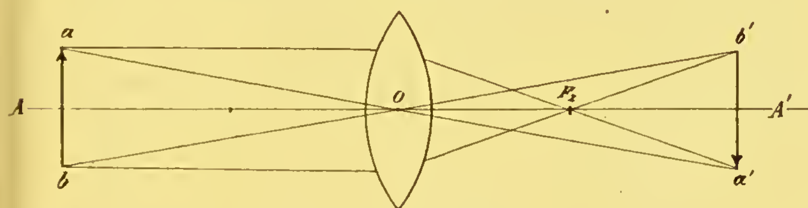


Fig. 14.

Ob eine Linse von einem Gegenstande ein

aufrechtes oder umgekehrtes vergrößertes oder verkleinertes reelles oder virtuelles	Bild

entwirft, hängt von der Entfernung des Gegenstandes von der Linse ab. Wir können folgende Haupttypen unterscheiden:

1. Befindet sich der Gegenstand in größerer Entfernung von der Linse (mindestens in mehr als der doppelten Brennweite), so entsteht ein umge-

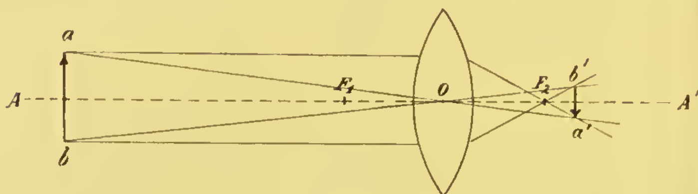


Fig. 15.

kehrtes, verkleinertes, reelles Bild zwischen einfacher und doppelter Brennweite.

2. Befindet sich der Gegenstand in der doppelten Brennweite von der Linse, so entsteht ein umgekehrtes, gleich großes, reelles Bild in der doppelten Brennweite.

3. Befindet sich der Gegenstand im 1. Brennpunkte der Linse, so entsteht auf derselben Seite wie der Gegenstand ein aufrechtes, stark vergrößertes, virtuelles Bild.

4. Befindet sich der Gegenstand innerhalb der Brennweite der Linse, so entsteht ein aufrechtes, vergrößertes, virtuelles Bild. Handelt es

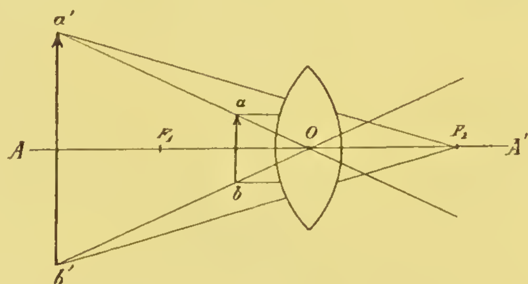


Fig. 16.

sich um eine starke Konvexlinse, z. B. von 20 *D*, bei welcher der betrachtete Gegenstand innerhalb der Brennweite liegt, so sprechen wir von Lupe.

Konkavlinsen.

1. Befindet sich der Gegenstand in größerer Entfernung von der Linse (mindestens in mehr als

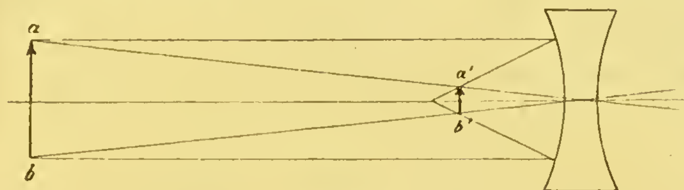


Fig. 17.

der doppelten Brennweite), so entsteht ein aufrechtes, verkleinertes, virtuelles Bild.

Bestimmung einer Brille, wenn keine Nummer in die Linse eingeritzt ist.

1. Man bestimmt zunächst, ob es sich um eine Konvex- oder um eine Konkavlinse handelt.

Eine starke Konvex-, resp. Konkavlinse, ist auf den ersten Blick zu erkennen. Bei einer Konvexlinse bewegen sich, wenn die Linse vor dem Auge des Untersuchers leicht auf- und abbewegt wird, die vor der Linse gelegenen Gegenstände scheinbar in der den Bewegungen der Linse entgegengesetzten Richtung. Gleichzeitig erscheinen die Gegenstände, resp. die Bilder derselben, etwas vergrößert und verschwommen.

Bei einer Konkavlinse bewegen sich, wenn die Linse vor dem Auge des Untersuchers leicht auf- und abbewegt wird, die vor der Linse gelegenen Gegenstände scheinbar in der den Bewegungen der Linse gleichen Richtung. Gleichzeitig erscheinen die Gegenstände, resp. die Bilder derselben, etwas verkleinert und schärfer.

2. Man bestimmt die Brennweite
   a) mit Hilfe eines Brillenkastens,
   b) ohne Brillenkasten.

ad *a*). Man sucht zu der zu bestimmenden Linse die entgegengesetzte, d. h. zu einer Konvexlinse sucht man die entsprechende Konkavlinse insolange, bis beide Linsen aufeinander gelegt, wie ein Planglas wirken, d. h. beim Durchblicken dürfen die Gegenstände, resp. Bilder derselben keine Bewegung mehr ausführen, auch darf die Größe derselben nicht alteriert werden.

ad *b*). Ohne Brillenkasten. Die Brennweite einer Konvexlinse kann man auch annähernd in der Art bestimmen, daß man mit derselben das scharfe, umgekehrte, verkleinerte, reelle Bild eines in mehreren Metern vor der Linse gelegenen Gegenstandes, gewöhnlich des Fensters etc., auf einen Schirm entwirft. Der Abstand der Linse von dem entworfenen Bilde entspricht annähernd der Brennweite der Linse.

Die Brennweite einer Konkavlinse findet man annähernd folgendermaßen: In mehreren Metern von einer Lichtquelle z. B. einer Lampe halte man die Konkavlinse und bringe auf die andere Seite der Linse einen Schirm. Auf den letzteren zeichne man einen Kreis, dessen Durchmesser dem doppelten Durchmesser der Linse entspreche. Die Linse entwirft auf dem Schirme eine dunkle Scheibe, welche von einem hellen Ring umgeben wird. Man verschiebe nun die Linse solange bis der helle Ring ebenso groß wird, wie der auf dem Schirm verzeichnete. Der Abstand der Linse von dem Schirme entspricht annähernd der Brennweite der Linse.

Zylinderlinsen.

Definition: Linsen, deren Oberflächen Abschnitte von Zylinderoberflächen sind. (Siehe Seite 23.)

Ebenso wie die sphärischen Linsen, können auch die zylindrischen Linsen konvex und konkav sein. Bei

jeder Zylinderlinse sprechen wir von der Achse der Linse; dieselbe wird durch einen kleinen Strich im Linsenrande schon äußerlich erkennbar gemacht. Alle Strahlen, welche in der durch die Zylinderachse gelegten Ebene liegen, gehen ungebrochen durch, d. h. in der Achse wirkt das Glas wie ein Planglas, während Strahlen welche senkrecht auf die Achse auffallen, die stärkste Brechung erleiden.

Während sphärische Gläser bis 20 *D* in einem vollständigen Brillenkasten enthalten sind, genügen zylindrische Linsen bis höchstens 6 *D*.



Fig. 18.



Fig. 19.

Die Verwendung der zylindrischen Linsen erfolgt zur Korrektion des regelmäßigen Astigmatismus. Sie können entweder allein oder in Kombination mit sphärischen Linsen verwendet werden.

B. Prismen.

Definition: Prismen sind durchsichtige, lichtbrechende Körper, welche von zwei unter einem Winkel sich schneidenden Flächen begrenzt werden.

An jedem Prisma sind zu unterscheiden:

1. Die brechenden Flächen (*a* und *b*).
2. Der Winkel (α), welchen die brechenden Flächen einschließen.
3. Die Basis des Prismas.
4. Die Kante des Prismas.

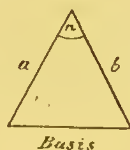


Fig. 20.

Numerierung der Prismen: Nach dem Winkel. Für ophthalmologische Zwecke genügen Prismen von 1° bis 12°. Diese Zahlen sind in jedem Prisma eingeritzt.

Wirkung der Prismen:

Eine zweifache:

a) Das Sonnenlicht wird in sein farbiges Spektrum zerlegt.

b) Die auf das Prisma auffallenden Strahlen werden nach der Basis des Prismas abgelenkt.

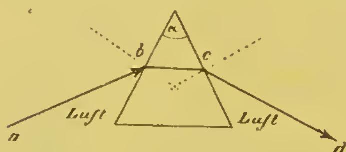


Fig. 21.

Der Strahl *a b* wird beim Eintritt von Luft in das Glas (vom dünneren in ein dichteres Medium) zum Lote, also nach *b c* abgelenkt; beim Austritte aus dem Glase wird der Strahl vom Lote, also nach *c d* abgelenkt. Hält man ein Prisma mit der Basis nach abwärts vor das eine Auge (das andere bleibe offen), so werden sämtliche vor dem Prisma gelegenen Gegenstände sich infolge der Brechung durch das Prisma auf der unteren Hälfte der Netzhaut abbilden. Sie scheinen dann höher zu liegen als ohne Prisma, d. h. die Gegenstände werden nach der Kante verlegt. Mit dem anderen unbewaffneten Auge erscheinen die Gegenstände an normaler Stelle, wir sehen somit doppelt.

Die Verwendung der Prismen erfolgt, abgesehen von diagnostischen Zwecken, hauptsächlich bei Insuffizienz der geraden Augenmuskeln. (Asthenopia muscularis.)



Fig. 22.



Fig. 23.

Eine jede sphärische Linse, ob konkav oder konvex, kann Prismenwirkung erzeugen. Eine Konvexlinse können wir aus zwei mit der Basis, eine Konkavlinse aus zwei mit der Kante aneinander stoßenden Prismen uns zusammengesetzt denken.

Stenopäische Lücken und Spalten.

Stenopäische Lücken bestehen aus einer geschwärzten Metallplatte, in welcher eine runde Lücke, gewöhnlich kleiner als eine mittelweite Pupille, angebracht ist. Ihre Wirksamkeit kann zum Teile mit der Iris verglichen werden. Dort, wo die Iris fehlt, ob vollständig (Aniridie) oder unvollständig (Colobom), dienen die stenopäischen Lücken zum Abhalten der Randstrahlen, also als Blende. Ferner kann man dieselben auch bei Hornhautnarben mit größerem Nutzen verwenden. Wenn z. B. ein Teil des Pupillarbereiches der Hornhaut klar ist, ein anderer von einer nicht vollständig undurchsichtigen Narbe eingenommen ist, wird durch Diffusion des Lichtes das Sehen gestört. Hält man die Lücke vor das durchsichtige Pupillarbereich der Hornhaut, so wird dieser Teil allein zum Sehen verwendet. Das Gesichtsfeld erleidet jedoch eine beträchtliche Einbuße bei Verwendung der stenopäischen Lücken.

Stenopäische Spalten bestehen aus einer geschwärzten Metallplatte, in welcher eine schmale, lange Spalte angebracht ist. Dieselben finden bei der Untersuchung astigmatischer Augen ihre hauptsächliche Verwendung.

Farbige Gläser: Zur Untersuchung auf Doppelbilder.

Matte Gläser (Milchglas): Zum Ausschlusse eines Auges vom Sehakte, z. B. bei Vornahme von Sehprüfungen; auch bei Augenmuskellähmungen, um durch Ausschluß des gelähmten Auges vom Sehakte das Doppelsehen zu vermeiden.

3. Kursstunde.

V. Untersuchungsvorgang.
VI. Refraktion.

V. Untersuchungsvorgang.

Der Untersuchte wendet den Rücken dem Fenster zu. Ein Auge des Untersuchten wird verbunden. Die Untersuchung wird mit einer Sehprobe für die Nähe begonnen, wobei der Probedruck gut beleuchtet sein muß. Es wird nun die größte Entfernung ermittelt, in welcher ein sehr kleiner Druck (z. B. der auf 60 *cm* gelesen werden soll) vom Untersuchten noch gelesen werden kann. Es sind nun drei Möglichkeiten vorhanden:

a) Der Druck 60 wird in einer Distanz von 60 *cm* oder mehr gelesen.

b) Der Druck 60 wird in einer kleineren Distanz als 60 *cm* gelesen.

c) Der Druck 60 wird überhaupt nicht gelesen.

ad *a*). Wenn der Druck 60 auf 60 *cm* oder mehr gelesen wird, so ist $S = {}^{60}/_{60} = 1$, d. h. normal und das Auge ist für 60 *cm* eingestellt.

ad *b*). Wenn der Druck 60 in einer geringeren Distanz als 60 *cm* gelesen wird, z. B. nur in 30 *cm*, so ist entweder die Sehschärfe herabgesetzt (u. zw. beträgt sie dann ${}^{30}/_{60} = {}^{1}/_{2}$) oder das Auge ist nur für nahe Objekte (u. zw. für solche die sich in 30 *cm* Entfernung befinden) eingestellt. Ob das erstere, Herabsetzung der Sehschärfe, oder das letztere, Einstellung nur für geringe Distanz, der Fall ist, erfährt

man durch Prüfung an einem anderen Drucke, z. B. an einem Drucke, welcher in 100 *cm* gelesen werden soll. Wenn die Sehschärfe im vorigen Falle herabgesetzt, u. zw. $^1/_2$ war, so muß der Druck 100 jetzt in einer Entfernung von 50 *cm* gelesen werden, denn dies entspricht einer $S = {}^{50}/_{100} = {}^1/_2$. Wenn das Auge im genannten Falle nur für geringe Distanz, also 30 *cm* eingestellt war, so kann auch der Druck 100 nur in annähernd 30 *cm* deutlich gelesen werden. Man kann eventuell noch eine dritte Probe heranziehen, z. B. einen Druck, welcher in 150 *cm* gelesen werden soll. Ist die Sehschärfe auf $^1/_2$ herabgesetzt, so muß der Druck in ${}^{150}/_2 = 75$ *cm* gelesen werden, ist die Einstellung nur für 30 *cm*, so wird auch dieser größere Druck nur in annähernd 30 *cm* deutlich gelesen.

Wird also ein Druck in geringerer Distanz gelesen als er gelesen werden soll, so besteht entweder Herabsetzung der Sehschärfe, Schwachsichtigkeit, oder Einstellung für geringere Entfernung, Kurzsichtigkeit. (Es kann auch Kombination von Schwachsichtigkeit und Kurzsichtigkeit bestehen.)

ad *c*). Wenn der kleine Druck (z. B. 60) überhaupt nicht gelesen wird, so besteht entweder herabgesetzte Sehschärfe, Schwachsichtigkeit, oder das Auge kann sich nicht für nahe Objekte einstellen. Es besteht dann ein Fehler in der Refraktion, u. zw. Hypermetropie, oder ein Fehler in der Akkommodation (Parese oder Paralyse derselben).

In diesem dritten Falle, wenn der kleine Druck nicht gelesen wird, prüft man dann nicht weiter mit einer Naheprobe, sondern beginnt mit der Fernprobe. Hat der Untersuchte bei der Prüfung mit der Fernprobe normale Sehschärfe, so liegt ein Fehler des Auges in der Einstellung für die Nähe vor (Akkommodationsstörung). Hat der Untersuchte bei der Prüfung mit der Fernprobe herabgesetzte

Sehschärfe, z. B. $^4/_{10}$, so versuche man durch Vorsetzen eines Konvexglases $1,_0$ *D*, $2,_0$ *D* u. s. f. die Sehschärfe zu heben. (Konkavgläser vorzusetzen ist überflüssig, da ja sonst Myopie bestehen würde, in welchem Falle der kleine Druck gelesen worden wäre.) Jenes Glas, mit welchem die beste Sehschärfe erzielt wird, ist das Korrektionsglas.

Kann der Untersuchte an der Fernprobe auch die größten Buchstaben (auch nach Vorsetzen von Linsen) nicht erkennen, so ermittelt man die größte Entfernung, in welcher noch die vor einem dunklen Hintergrunde ausgespreizten Finger des Untersuchers gezählt werden können. Man drückt dann die Sehschärfe aus: »Patient zählt Finger auf 2 *m*, 3 *m*, 4 *m* etc.« und versucht eventuell durch Vorsetzen von Konkav- oder Konvexlinsen die Sehschärfe, wenn auch in geringem Grade, zu heben.

Werden auch die ausgespreitzten Finger nicht erkannt, so prüfe man, ob der Patient den Unterschied zwischen Hell und Dunkel wahrnehmen kann (Lichtempfindung). Die Prüfung auf »Lichtempfindung« kann entweder im hellen oder im dunklen Raume vorgenommen werden. Im ersteren Falle wende man den Untersuchten mit dem Gesichte dem Fenster zu und verschließe mit einem zusammengelegten Tuche, Watte etc. (nicht nur mit einer einfachen Binde) das nicht zu untersuchende Auge. Ein dunkler Schirm, z. B. ein Buchdeckel, wird vor das zu untersuchende Auge in naher Entfernung bald vor-, bald weggegeben. Der Untersuchte soll nun den Unterschied zwischen Hell und Dunkel angeben.

Nimmt man die Untersuchung auf Lichtempfindung im dunklen Zimmer vor, so ermittle man, nach Verschluß des nicht zu untersuchenden Auges, in welchem Abstande eine Kerzenflamme noch erkannt wird, resp. wo sich dieselbe befindet (»Projektion«).

Besteht keine Lichtempfindung, so sprechen wir von Amaurose, besteht hochgradige Herabsetzung der Sehschärfe, z. B. Finger zählen auf 3 *m*, so sprechen wir von Amblyopie.

VI. Refraktion.

Definition: Unter Refraktion verstehen wir den Brechzustand des ruhenden, d. h. des akkommodationslosen Auges, oder jene Einstellung des Auges, wie sie durch den bloßen Bau desselben gegeben ist.

Refraktion und Sehschärfe sind — es muß dies, so selbstverständlich es ist, hier ausdrücklich betont werden — nicht identische Begriffe. Man hört sehr häufig, auch von Medizinern, auf die Frage: »Sehen Sie gut?« die Antwort: »Nein, ich bin kurzsichtig!«. Es kann natürlich jemand kurzsichtig sein, dabei normale Sehschärfe haben. Andererseits kann ein Emmetrop stark herabgesetzte Sehschärfe (Amblyopie) oder auch Amaurose haben. Auch beim Leichenauge sprechen wir von Refraktion.

Wir unterscheiden zwei Arten der Refraktion:

Emmetropie und Ametropie.

a) Emmetropie ist jener Refraktionszustand, bei welchem der 2. Brennpunkt des dioptrischen Apparates auf die Netzhaut fällt. Der sagittale Durchmesser eines gesunden emmetropischen Auges beträgt 22—24 *mm*, d. h. die Netzhaut befindet sich 22—24 *mm* hinter dem Hornhautscheitel.

Da der 2. Brennpunkt im emmetropischen Auge mit der Netzhaut zusammenfällt, muß auch die 2. Brennweite zwischen 22 und 24 *mm* schwanken.

Es ist somit die Emmetropie nicht an eine bestimmte Achsenlänge gebunden, denn dieselbe schwankt zwischen 22 und 24 *mm*, aber auch nicht an eine bestimmte Brechkraft, wohl aber an ein bestimmtes Verhältnis zwischen Achsenlänge des Auges und Brechkraft des dioptrischen Apparates.

In einem emmetropischen Auge entsteht, solange die Einstellung nur durch den Bau des Auges gegeben ist (also während Akkommodationsruhe), auf der Netzhaut das Bild eines in ∞ gelegenen Gegenstandes. Denn nur solche Strahlen vereinigen sich im 2. Brennpunkte, d. h. auf der Netzhaut des Emmetropen, welche parallel auffallen. Parallele Strahlen sendet aber nur jener Gegenstand aus, welcher sich in der ∞ befindet.

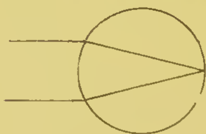
Das emmetropische Auge ist durch den bloßen Bau für die ∞ eingestellt. Es kann das Auge daher näher gelegene Gegenstände nicht sehen, solange der Akkommodationsapparat untätig ist.

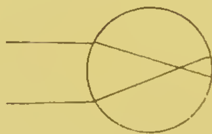
b) Ametropie ist jener Refraktionszustand, bei welchem der 2. Brennpunkt des dioptrischen Apparates nicht auf die Netzhaut fällt. Es sind nun zwei Möglichkeiten vorhanden:

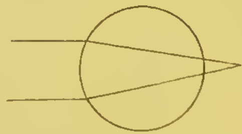
1. Der 2. Brennpunkt fällt vor die Netzhaut.
2. Der 2. Brennpunkt fällt hinter die Netzhaut.

ad 1. Fällt der 2. Brennpunkt vor die Netzhaut, so sprechen wir von Myopie (*M*).

ad 2. Fällt der 2. Brennpunkt hinter die Netzhaut, so sprechen wir von Hypermetropie (*H*).


E.
Fig. 24.


M.
Fig. 25.


H.
Fig. 26.

Fernpunkt.

Fernpunkt ($p\,r$ = punctum remotum) ist jener Punkt auf der Gesichtslinie des Auges, welcher im Ruhestande, d. i. im akkommodationslosen Auge sich auf der Netzhaut abbildet.

1. Der Fernpunkt des Emmetropen liegt in ∞.

2. Der Fernpunkt das Myopen liegt in endlicher Entfernung vor dem Auge.

3. Der Fernpunkt des Hypermetropen liegt in endlicher Entfernung hinter dem Auge.

Fernpunktabstand: Die Entfernung des Fernpunktes vom 1. Brennpunkte des Auges. Der 1. Brennpunkt des Auges liegt 13 *mm* vor dem Hornhautscheitel (beim schematischen Auge 15 *mm*).

Bestimmung des Fernpunktes ($p\,r$): Der Fernpunkt kann auf zwei Arten bestimmt werden:

1. Mit Hilfe des Korrektionsglases (subjektive Methode).

2. Mit Hilfe des Augenspiegels (objektive Methode).

ad 1. Wir ermitteln jenes Glas, welches das akkommodationslose Auge braucht, um ferne Objekte deutlich zu sehen. Im Brennpunkte dieses Glases liegt der Fernpunkt.

Beispiel 9. Es braucht jemand — 2 *D* um ferne Objekte deutlich zu sehen (d. h. damit das Bild auf der Netzhaut entstehe); in diesem Falle liegt $p\,r$ in 50 *cm* vor dem ersten Brennpunkte des Auges. (Die Brennweite des Glases von 2 *D* beträgt 50 *cm*.)

Beispiel 10. Es braucht jemand + 4 *D* um ferne Objekte deutlich zu erkennen; in diesem Falle liegt $p\,r$ in 25 *cm* hinter dem ersten Brennpunkte des Auges.

Beispiel 11. Braucht das akkommodationslose Auge kein Glas um ferne Objekte deutlich zu sehen, so liegt der $p\,r$ in ∞; (denn die Brennweite des Glases 0 ist ∞).

Beweis, daß der Brennpunkt des Korrektionsglases mit dem Fernpunkte des Auges zusammenfällt:

Ferne Gegenstände senden parallele Strahlen aus. Es fallen somit parallele Strahlen auf das Korrektionsglas. Die aus dem Korrektionsglase austretenden Strahlen vereinigen sich auf der Netzhaut, denn erst mit Hilfe des Korrektionsglases kommt im ametropischen Auge das scharfe Netzhautbild zustande. Nun vereinigen sich aber auf der Netzhaut eines akkommodationslosen Auges nur die aus dem Fernpunkte des Auges kommenden Strahlen (Definition des Fernpunktes).

Die parallel auf das Korrektionsglas auffallenden Strahlen werden nach dem Brennpunkte des Glases gebrochen. Die Strahlen, welche also auf der Netzhaut des akkommodationslosen Auges zur Vereinigung gelangen, kommen nicht nur aus dem Fernpunkte des Auges, sondern auch aus dem Brennpunkte des Korrektionsglases. Somit fällt der Fernpunkt des Auges mit dem Brennpunkte des Korrektionsglases zusammen.

ad 2. Mit Hilfe des Augenspiegels (aufrechtes Bild) wird der Fernpunkt in der Art ermittelt, indem man jenes Korrektionsglas sucht, welches der Untersuchende sich hinter dem Augenspiegel vorsetzen muß, um den Augenhintergrund des (nicht akkommodierenden) Patienten scharf zu sehen. Brennpunkt des Korrektionsglases und Fernpunkt des untersuchten Auges fallen zusammen. Dabei wird vorausgesetzt, daß der Untersucher Emmetrop ist. Ist der Untersucher Ametrop, so gibt jenes Glas hinter dem Spiegel, mit welchem der Untersucher scharf den Augenhintergrund des untersuchten Auges sieht, die Summe der Refraktion des Untersuchers und Untersuchten an. Von dem Brechwerte dieses Glases ziehe der Untersucher den Brechwert seines eigenen Korrektionsglases ab.

Beispiel 12. Der Untersucher sei Myop $2\,D$; er sieht den Augenhintergrund scharf mit $-5\,D$ (immer vorausgesetzt, daß Untersucher und Untersuchte nicht akkommodieren) so ist $-5\,D$ die Summe aus der Refraktion des Untersuchers und der des Untersuchten. Da $-2\,D$ auf den Untersucher entfallen, verbleiben $-3\,D$ für den Untersuchten und der Fernpunkt liegt in 33 *cm* vor dem Auge des Untersuchten.

Summe Untersucher Untersuchte

$-5 = (-2) + (-3).$

Beispiel 13. Der Untersucher sei $M\ 4\,D$ und sehe den Augenhintergrund mit $+3\,D$ so ist

Summe Untersucher Untersuchte

$+3 = (-4) + (x)$ $x = +7\,D$ (Untersuchte).

Beispiel 14. Der Untersucher sei $H\ 5\,D$ und sehe den Augenhintergrund mit $+7\,D$ so ist

Summe Untersucher Untersuchte

$+7 = (+5) + (x)$ $x = +2\,D$ (Untersuchte).

Beispiel 15. Der Untersucher sei $H\ 3\,D$ und sehe den Augenhintergrund mit $-5\,D$ so ist

Summe Untersucher

$-5\,D = (+3) + (x)$ $x = -8\,D$ (Untersuchte).

Beispiel 16. Der Untersucher sei $My\ 3\,D$ und sehe den Augenhintergrund mit 0 so ist

Summe Untersucher

$0 = (-3) + (x)$ $x = +3\,D$ (Untersuchte).

———

4. Kursstunde.

VII. Akkommodation.

VII. Akkommodation.

Definition: Unter Akkommodation verstehen wir die Fähigkeit des dioptrischen Apparates, sich dem Abstande eines Gegenstandes anzupassen.

Der Akkommodationsvorgang besteht in einer Formveränderung der Linse, hervorgerufen durch eine Kontraktion des Ziliarmuskels. Die Akkommodation ist somit gebunden an das Vorhandensein

1. einer normalen Linse,
2. eines normalen Ziliar-(Akkommodations-)muskels.

Störungen der Akkommodation können daher hervorgerufen werden:

1. Durch eine fehlende Linse (Aphakie), durch eine dislozierte Linse, durch eine ihre Form nicht mehr genügend ändernde Linse (Presbyopie),
2. durch einen paretischen oder paralytischen Ziliarmuskel (Paresis oder Paralysis n. oculomotorii).

Durch den Bau ist das Auge für den Fernpunkt (*pr*) eingestellt. Soll ein näher gelegener Gegenstand sich auf der Netzhaut scharf abbilden, so muß das Auge akkommodieren, d. h. der Ziliarmuskel muß sich kontrahieren, wodurch die Linsenoberflächen konvexer werden. Bei stärkster Kontraktion des Ziliarmuskels stellt sich das Auge für den Nahepunkt ein.

Nahepunkt (*pp* punctum proximum) ist jener Punkt auf der Gesichtslinie des Auges, welcher sich bei

stärkster Kontraktion des Ziliarmuskels auf der Netzhaut abbildet.

Nahepunktsabstand: Die Entfernung des Nahepunktes (*pp*) vom 1. Brennpunkte des Auges.

Akkommodationsgebiet: Die Strecke der Gesichtslinie zwischen Fernpunkt und Nahepunkt ist das Akkommodationsgebiet, Akkommodationsbereich, Akkommodationsstrecke. Alle Gegenstände, welche sich innerhalb des Akkommodationsgebietes befinden, können mit Hilfe der Akkommodation scharf gesehen werden.

Akkommodationsbreite (*A*): Die Brechkraft jener Linse, um welche bei maximaler Kontraktion des Ziliarmuskels die Brechkraft des dioptrischen Apparates vermehrt wird.

Während der Akkommodation werden die Linsenoberflächen stärker konvex, d. h. die Brechkraft der Linse wird vermehrt. Im ruhenden Auge beträgt der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche 10 *mm*, jener der hinteren Linsenfläche 6 *mm*; bei stärkster Kontraktion des Ziliarmuskels, also bei maximaler Akkommodation beträgt der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche 6 *mm*, jener der hinteren Linsenfläche 5 *mm*. Es wird die Linse also »dicker«, d. h. es wird die Brechkraft derselben, somit auch die des gesamten dioptrischen Apparates, vermehrt. Diese Vermehrung der Brechkraft des dioptrischen Apparates kann man sich derart vorstellen, als ob zur Linse des Auges noch eine Zusatzlinse vorgesetzt würde. Die Brechkraft dieser Zusatzlinse ist die Akkommodationsbreite; sie ist der Ausdruck für die Arbeitsleistung der Akkommodation (nicht zu verwechseln mit Akkommodationsbereich!). Die größte Arbeitsleistung wird vom Akkommodationsapparate bei der Einstellung für den Nahepunkt erreicht.

Bestimmung der Akkommodationsbreite: Angenommen, die Brechkraft des dioptrischen Apparates

betrage im ruhenden Auge 50 *D*, so kann die Brechkraft des dioptrischen Apparates (gute Akkommodationsfähigkeit vorausgesetzt) bei maximaler Kontraktion des Ziliarmuskels vergrößert sein, sie betrage z. B. dann 60 *D*. Die Differenz zwischen dem Brechwerte des dioptrischen Apparates bei vollkommener Arbeitsruhe und maximaler Arbeitsleistung drückt den Brechwert der Akkommodationsbreite aus, also im vorliegenden Falle 10 *D*. Wir müssen somit, um die Akkommodationsbreite in jedem Falle bestimmen zu können, den Brechwert des dioptrischen Apparates während der Akkommodationsruhe (vollständige Entspannung des Ziliarmuskels) und während größter Akkommodationsleistung (maximale Kontraktion des Ziliarmuskels) kennen. Während der Akkommodationsruhe ist das Auge für den *pr*, während größter Akkommodationsleistung für den *pp* eingestellt. Es müssen somit beide Punkte *pr* und *pp* ermittelt werden.

Wir bestimmen die Akkommodationsbreite (*A*) nach der Formel:

$$\underline{A = P - R}$$

In dieser Formel bedeutet *A* = Akkommodationsbreite, d. h. die Brechkraft jener Linse, um welche der dioptrische Apparat des Auges vermehrt wird, wenn das Auge sich vom Fernpunkt (*pr*) auf den Nahepunkt (*pp*) einstellt.

P bedeutet die Brechkraft jener Linse, deren Brennweite gleich ist dem Nahepunktsabstande.

R bedeutet die Brechkraft jener Linse, deren Brennweite gleich ist dem Fernpunktsabstande.

Beispiel 17. Wie groß ist die Akkommodationsbreite eines Emmetropen, dessen *pp* in 25 *cm* liegt?

pp in 25 *cm*, *pr* in ∞.

$$\underline{A} = P - R = 4 - 0 = \underline{4\,D}$$

$$P = {}^{100}/_{25} = 4\,D \quad R = {}^{100}/\infty = 0.$$

Beispiel 18. Wie groß ist die *A* eines Myopen von 2 *D* dessen *pp* in 8 *cm* liegt?

pp in 8 *cm*, *pr* in 50 *cm* (vor dem Auge).

$$\underline{A} = P - R = 12{\cdot}5 - 2 = \underline{10{\cdot}5\ D}$$
$$P = {}^{100}/_{8} = 12{\cdot}5\ D \quad R = {}^{100}/_{50} = 2\ D.$$

Beispiel 19. Wie groß ist die *A* eines Hypermetropen von 4 *D* dessen *pp* in 33 *cm* liegt

pp in 33 *cm*, *pr* in 25 *cm* (hinter! dem Auge).

$$\underline{A} = P - R = 3 - (-4) = \underline{7\ D}$$
$$P = {}^{100}/_{33} = 3\ D \quad R = {}^{100}/_{25} = -4\ D.$$

Einfluß des Alters auf die Akkommodationsbreite. (Presbyopie.)

Mit zunehmendem Alter rückt der Nahepunkt vom Auge immer mehr ab, so daß im hohen Alter ein Zusammenfallen des Nahepunktes mit dem Fernpunkte stattfindet. Dieses Abrücken des Nahepunktes, welches alle Refraktionszustände betrifft, beginnt bereits sehr frühzeitig, macht aber gewöhnlich erst später, zumeist nach dem 40. Lebensjahre sich in auffallender Weise bemerkbar.

Bei einem Emmetropen befindet sich, vorausgesetzt, daß sonst keine Akkommodationsstörung vorhanden ist,

pp	im	Alter von	10	Jahren	ungefähr in	7 *cm*
»	»	»	20	»	»	9—10 *cm*
»	»	»	30	»	»	12—14 *cm*
»	»	»	40	»	»	22 *cm*
»	»	»	45	»	»	28 *cm*
»	»	»	50	»	»	40 *cm*
»	»	»	55	»	weiter als in	60 *cm*
»	»	»	60	»	» »	100 *cm*

Nach dem 60. Lebensjahre fällt der Nahepunkt mit dem Fernpunkte zusammen.

Die gewöhnliche Arbeit- resp. Lesedistanz beträgt zirka 25 *cm*. Beim Emmetropen wird um das 45. Lebensjahr bei Aufgebot der gesamten Akkommodation das Lesen nur in einer Entfernung von zirka 28 *cm* noch möglich.

Wie jeder andere Muskel so ist auch der Ziliarmuskel nicht imstande bei maximaler Kontraktion durch längere Dauer seine Arbeit zu verrichten; es treten Beschwerden bei der Naharbeit ein.

Diese Störung in der Akkommodation, welche durch das zunehmende Alter bedingt ist, wird Presbyopie (Alterssichtigkeit) genannt. Es ist dies kein krankhafter, sondern ein physiologischer Zustand.

Ursache der Presbyopie: Die Ursache liegt in der allmählichen Abnahme der Elastizität der Linse. Mit zunehmendem Alter wird die Linse härter. Durch Wasserabgabe tritt Verdichtung der Linse ein, welche zur Sklerose führt, die im Zentrum der Linse beginnt: Kernbildung. Die Biegsamkeit der Linse ist somit eine geringere. Wenn auch der Ziliarmuskel vollkommen intakt ist, so kann die Form der Linse umsoweniger geändert werden, je älter der Mensch ist.

Die Presbyopie betrifft alle drei Refraktionszustände, nur tritt sie bei den verschiedenen Arten zu verschiedenen Zeiten ein. Die Presbyopie macht sich geltend bei der

Emmetropie um das 45. Lebensjahr,
Hypermetropie früher,
Myopie später oder gar nicht.

Bei einem Myopen von 4 *D* liegt der *p r* in 25 *cm*, d. h. das Auge ist ohne Akkommodation für 25 *cm* eingestellt; wenn auch die Linse ihre Elastizität vollständig verloren hat, so kann dennoch das Auge durch den bloßen Bau allein sich für 25 *cm* einstellen. Höhere Grade von Myopie als 4 *D* werden überhaupt nicht presbyopisch. Man muß daher stets den Schluß ziehen, daß jene Leute, von welchen man hört, daß sie im Greisenalter ohne Brillen noch lesen konnten, kurzsichtig gewesen sein müssen.

S y m p t o m e d e r P r e s b y o p i e. Es tritt scheinbar Abnahme der Sehschärfe für die Beschäftigung mit Objekten, welche nahe an das Auge gehalten werden müssen, ein, z. B. beim Lesen, Schreiben, Einfädeln von Nadeln u. s. w. Manchen Leuten flößt dieser Zustand oft eine schwere Besorgnis ein, sie »fürchten den grauen Star zu bekommen«. Die Klagen gehen gewöhnlich dahin, daß das Lesen kleinen Druckes, namentlich in den Nachmittagsstunden beschwerlich, am Abend sogar ganz unmöglich werde. Manche Presbyopen verzichten dann vollständig auf das Lesen am Abende, andere versuchen mit Zuhilfenahme grellen Lichtes, indem sie die beleuchtende Flamme zwischen Auge und Buch bringen, zu lesen. Durch den letzteren Umstand wird die Pupille enger, wodurch wieder die Zerstreuungskreise kleiner und die Netzhautbilder weniger verwaschen werden.

B e h a n d l u n g d e r P r e s b y o p i e. Die Behandlung dieser Akkommodationsanomalie erfolgt durch Verordnung von Konvexgläsern. Da auch bei Hypermetropie, also einer Refraktionsanomalie, Konvexgläser verordnet werden, werden vom Anfänger Presbyopie und Hypermetropie fälschlich für identisch gehalten. Es sei daher nochmals bemerkt, daß Presbyopie auf einer Störung in der Akkommodation beruht.

Die Stärke des zu verordnenden Konvexglases hängt beim Presbyopen von zwei Umständen ab:

1. Von seinem Alter,
2. von seiner Refraktion.

Der Emmetrop braucht im Alter:

von 45 Jahren	ein Glas	$+ 1,_0 D$,
50 »	»	$+ 2,_0 D$,
55 »	»	$+ 3,_0 D$,
60 » und höher	»	$+ 4,_0 D$.

Um in der gewöhnlichen Lesedistanz von 25 *cm* zu arbeiten, muß einem metropisches Auge eine Akkommodation

von 4 *D* ($^{100}/_{25}$) aufbringen. Da jedoch jenseits des 45. Jahres eine geringere Akkommodation als 4 *D* aufgebracht werden kann (*p p* im 47. Lebensjahre zirka 28 *cm*) so muß dieselbe durch Vorsätzen von Gläsern ersetzt werden, u. zw. muß eine allmähliche Steigerung der Gläser in dem Maße vorgenommen werden, als die Akkommodation zwischen 45. und 60. Lebensjahre abnimmt. Nach dem 60. Lebensjahre fehlt jede Akkommodation (*p p* fällt mit *p r* zusammen), es bleibt von da ab die Stärke des Konvexglases stationär. Das stärkste Konvexglas, welches ein emmetropischer Presbyop überhaupt jemals verordnet erhält, kann daher + 4*D* nicht überschreiten.

Krankhafte Störungen der Akkommodation.

Diese können ihre Ursache haben:

1. In der Linse,
2. im Ziliarmuskel.

ad 1. Fehlen der Linse (Aphakie) bedingt vollständige Akkommodationslosigkeit.

Lageveränderungen der Linse (Subluxatio, luxatio) infolge Dehnung oder Zerreißung des Aufhängebandes kann durch die dabei bewirkte Formveränderung der Linse Akkommodationsstörung herbeiführen.

ad 2. Lähmung des Ziliarmuskels (versorgt vom n. oculomotorius) bewirkt Akkommodationslosigkeit. Die häufigste Ursache der isolierten Lähmung des m. ciliaris ist die Anwendung der pupillenerweiternden Mittel, der Mydriatica (Atropin, Homatropin, etc.). Weiters tritt Akkommodationslähmung isoliert als postdiphtheritische Lähmung auf, sowie auch infolge Lues und endlich die traumatische Akkommodationslähmung (Kontusion des Augapfels, flacher Hieb auf das Auge

nicht selten bei Mensuren). Ist die Akkommodationslähmung nur eine Teilerscheinung einer vollständigen Okulomotoriuslähmung, so fällt die Ätiologie der Akkommodationslähmung mit der der Okulomotoriuslähmung zusammen (z. B. Tabes, etc.).

5. Kursstunde.

VIII. Myopie.

VIII. Myopie.

Definition: Jener Refraktionszustand, bei welchem der zweite Brennpunkt des Auges vor die Netzhaut fällt.

Von Gegenständen, welche sich in unendlicher Entfernung vor dem Auge befinden — welche also parallele Strahlen aussenden — entsteht kein scharfes Bild auf der Netzhaut, sondern ein Zerstreuungskreis von Strahlen, welche sich schon vor der Netzhaut geschnitten haben. Auf der Netzhaut können daher nur solche Strahlen zur Vereinigung gelangen, welche von einem in endlicher Entfernung vor dem Auge gelegenen Punkte herkommen. Ein in endlicher Entfernung gelegener Punkt sendet divergente Strahlen aus. Es ist daher das myopische Auge für divergent auffallende Strahlen eingestellt.

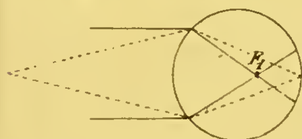


Fig. 27.

Wir unterscheiden zwei Gruppen von Myopie:

1. Typische (stationäre) } Myopie.
2. Atypische (progressive) } Myopie.

1. Typische Myopie.

Bei der typischen Myopie handelt es sich um eine Refraktionsanomalie, also einen optischen Fehler in einem Auge, dessen Gestalt keine wesentliche Abweichung von der eines emmetropischen darbietet.

Ein emmetropisches Auge hat eine Achsenlänge von zirka 22—24 *mm*. Die Achsenlänge der meisten Augen mit typischer Myopie schwankt innerhalb derselben Grenzen wie die Achsenlänge emmetropischer Augen. Es gleichen somit die Augen mit typischer Myopie in Bezug auf Form und Volumen den emmetropischen Augen. Von zwei enukleierten Augäpfeln von 24 *mm* Achsenlänge kann der eine emmetropische, der andere myopische Refraktion, z. B. Myopie 4 *D*, haben.

Die Myopie ist in solchen Augen nur durch ein Mißverhältnis zwischen Achsenlänge und Brechkraft des dioptrischen Apparates bedingt.

Wenn ein Auge 24 *mm* Achsenlänge hat, also die Netzhaut 24 *mm* hinter dem Hornhautscheitel gelegen ist, so sprechen wir von normaler Achsenlänge, ebenso wenn das Auge nur 22 *mm* lang ist. Von normaler Brechkraft des dioptrischen Apparates sprechen wir, wenn der 2. Brennpunkt des Auges 22—24 *mm* hinter dem Hornhautscheitel gelegen ist. Ein Auge mit 24 *mm* Achsenlänge ist ein normales Auge, eine Brennweite von 22 *mm* entspricht ebenfalls einem normalen Auge. Die Kombination beider, also einer normalen Achsenlänge und einer normalen Brechkraft kann dennoch Myopie ergeben, wenn, wie im vorliegenden Falle, zwischen beiden ein Mißverhältnis besteht. Es braucht somit kein abnorm langer Augapfel und auch keine abnorm große Brechkraft zu bestehen, damit Myopie entsteht. Auf solche Art zustande gekommene Myopie erreicht in der Regel nie einen höheren Grad als 7—8 *D*. Diese Art der Myopie ist wie bereits erwähnt, keine Krankheit, sondern lediglich nur ein optischer Fehler des Auges. Man bezeichnet sie auch als Schulmyopie, da sie sich erst in der Schule, u. zw. zumeist erst in der Mittelschule bemerkbar macht. Sie ist in der Regel das Attribut der gebildeten Stände.

Die typische Myopie ist eine erworbene, u. zw. macht sich dieselbe ungefähr um das 14. Lebensjahr, also an der Grenze der unteren und oberen Klassen einer Mittelschule, deutlich fühlbar. Jene Schüler, welche bereits in der 1. Mittelschulklasse stärkere Konkavgläser tragen, leiden mit größter Wahrscheinlichkeit nicht an der typischen, sondern an der atypischen Myopie, welcher eine viel größere Bedeutung beizumessen ist, da sie als Krankheit im wahrsten Sinne bezeichnet werden muß.

Mit zunehmendem Alter wächst auch die typische Myopie, u. zw. bis zum Abschlusse des Körperwachstums, so daß sie ungefähr um das 20. Lebensjahr ihren Höhepunkt erreicht. Von da ab bleibt diese Art der Myopie stationär und ist für das Auge weiterhin vollkommen gefahrlos. Wer also bis zum Abschlusse des Körperwachstums keine typische Myopie erworben hat, wird später auch nicht mehr diese Art der Myopie erwerben.

Die Sehschärfe der Augen mit typischer Myopie ist in der Regel eine normale, nur wenn höhere Grade von Myopie, z. B. über 6 *D* vorhanden sind, kann auch Herabsetzung der Sehschärfe vorkommen. Doch beträgt in den Fällen mit Herabsetzung der Sehschärfe die letztere stets mehr als $^5/_{10}$.

Der Augenhintergrund bietet gewöhnlich nichts abnormes dar, doch gehört es fast zur Regel, daß stets ein sogenannter »Konus« vorhanden ist.

Unter Konus verstehen wir die am temporalen Rande der Papille befindliche weiße Sichel, deren konkaver Rand unmittelbar der Papille anliegt und deren konvexer Rand mit einem dunkel pigmentierten Saum endigt. Die Größe eines solchen Konus ist schwankend; wir messen dieselbe nach *PD* (Papillen-Durchmesser) und sprechen z. B. von einem Konus von $^1/_4$ *PD*, $^1/_3$ *PD*, $^1/_2$ *PD* u. s. f. Die Größe des Konus

muß aber nicht immer dem Grade der Myopie proportioniert sein. So kann bei einem höheren Grade von Myopie ein äußerst schmaler Konus vorhanden sein, während ein niedriger Grad von Myopie einen ziemlich breiten Konus aufweisen kann. Es muß auch noch betont werden, daß aus dem Vorhandensein eines Konus noch nicht mit apodiktischer Sicherheit auf das Bestehen einer Myopie geschlossen werden darf, da der Konus ausnahmsweise auch bei emmetropischen, ja sogar bei hypermetropischen Augen zu finden ist. Die anatomische Grundlage des Konus ist durch eine mangelhafte Entwicklung der Chorioidea am Rande des Sehnerven bedingt. Die Chorioidea reicht in solchen Augen nicht bis an den Sehnerven heran, sondern endet in einer Entfernung vom Sehnerven, so daß ihre Oberfläche dortselbst von der weißlichen Pialscheide überzogen wird. Diese letztere wird bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel als die weiße Sichel am temporalen Papillenrande gesehen. *Der Konus stellt also eine Bildungsanomalie dar* und die typische Myopie ist somit als ein mit einem Bildungsfehler kombinierter optischer Fehler des Auges anzusehen.

Nachteile und Vorteile des Myopen: Die Nachteile liegen darin, daß infolge Näherrücken des *p r* ferne Gegenstände ohne optische Hilfsmittel gar nicht oder nur äußerst undeutlich gesehen werden. Ein weiterer Nachteil ist das Blinzeln, das Zukneifen der Lidspalte, wodurch ein eigentümlicher Gesichtsausdruck des Myopen resultiert. Durch das Verkleinern der Lidspalte werden die auf der Netzhaut entstehenden Zerstreuungskreise kleiner, so daß das Sehen in die Ferne ein wenig deutlich wird.

Die Vorteile bestehen darin, daß nahe, innerhalb des Akkommodationsbereiches gelegene Gegenstände viel länger und ausdauernder betrachtet werden können als

vom emmetropischen Auge. Insbesondere wird daher andauernde Naharbeit (Lesen, Schreiben, Nähen, Goldarbeiter, Urmacher etc.) vom Myopen leichter und länger ausgeführt werden können als vom Emmetropen oder gar vom Hypermetropen. Die Ursache dieser Fähigkeit, Ausdauer des Auges bei Naharbeit, liegt darin, daß der *p p* des Myopen viel näher dem Hornhautscheitel gelegen ist als der des gleichaltrigen Emmetropen, bzgsw. Hypermetropen. Die Akkommodationsbreite des Myopen ist ebensogroß wie die des gleichaltrigen Emmetropen oder Hypermetropen, da das Näherrücken des *p p* ein entsprechendes Näherrücken des *p r* an die Hornhaut mit sich bringt. Das Näherrücken des *p p* hat zur Folge, daß Myopen später oder überhaupt nie presbyopisch werden. Myopen unter 4 *D* werden später presbyopisch als Emmetropen, Myopen über 4 *D* werden überhaupt nicht presbyopisch.

Beispiel 20. Ein Myop von 4 *D* hat den Fernpunkt in 2 *cm*, d. h. bei vollständiger Ausschaltung der Akkommodation ist das Auge für eine Entfernung von 25 *cm* eingestellt. Wenn somit im höheren Alter, über 60 Jahre, die Akkommodation vollständig fehlt, ist ein solches myopisches Auge immer noch imstande ohne jede Anstrengung in der gewöhnlichen Leseweite von 25 *cm* zu lesen.

Beispiel 21. Ein Myop von 2 *D* hat den Fernpunkt in 50 *cm*. Wenn derselbe keine Akkommodation mehr hat, also jenseits des 60. Lebensjahres, kann er in einer Entfernung von 50 *cm* fließend lesen. Will er aber in einer Entfernung von 25 *cm* lesen, so muß er die fehlende Akkommodation durch Vorsetzen jener Konvexlinse, welche ihn von 50 *cm* (2 *D*) auf 25 *cm* (4 *D*) einstellt, korrigieren, also durch eine Konvexlinse von 2 *D*.

Es braucht jenseits des 60. Lebensjahres bei sonst gut erhaltener Sehschärfe für die Nähe der

Myop von	1 *D*	eine Konvexbrille	3 *D*
» »	2 *D*	»	2 *D*
» »	3 *D*	»	1 *D*
» »	4 *D* und höher keine Konvexbrille.		

Behandlung der typischen Myopie.

Der Myope erhält das schwächste Konkavglas, mit welchem die beste Sehschärfe erzielt wird.

Wird z. B. mit — 2 *D* $^{8}/_{10}$, mit — 2·5 *D* $^{10}/_{10}$, mit — 3 *D* $^{10}/_{10}$ »noch deutlicher« nach dem Ausspruche des Untersuchten erzielt, so verordne man — 2·5 *D*, vorausgesetzt, daß zwischen funktionellem und Augenspiegelbefunde kein wesentlicher Unterschied besteht. Es ist stets zu beachten, daß man bei jugendlichen Individuen häufig bei der funktionellen Prüfung einen höheren Grad der Myopie findet als bei der Spiegeluntersuchung, weshalb letztere bei jugendlichen Individuen absolut nicht vernachlässigt werden darf.

In der Regel kann man bei typischer Myopie dasselbe Glas für die Ferne und Nähe tragen lassen; erst mit zunehmendem Alter wird das Glas bei der Naharbeit lästig, weshalb es dann abgelegt werden muß, während es im jugendlichen Alter bei Naharbeit abgelegt werden kann.

Vorgang bei der Untersuchung auf Myopie.

Es wird zunächst die Naheprobe an zusammenhängendem Drucke vorgenommen. Jeder mit typischer Myopie Behaftete ist imstande — vorausgesetzt, daß sonst kein anderer Fehler vorliegt — fließend den kleinsten Druck mindestens in einer Entfernung von 10—15 *cm* zu lesen. Kann der Untersuchte dies nicht, ist typische Myopie ausgeschlossen.

Beispiel: Wird der kleinste Druck einer Naheprobe in zirka 20 *cm* noch deutlich und fließend gelesen, jeder folgende, größere Druck ebenfalls in zirka 20—25 *cm* deutlich erkannt, so liegt eine Myopie mit Fernpunktsabstand von zirka 20—25 *cm* vor. Man beginnt

nun die Fernprobe mit Vorsetzen eines Konkavglases von 20—25 *cm* Brennweite, also mit 4—5 *D* und verordnet dann das schwächste Konkavglas, mit welchem die beste Sehschärfe erzielt wird. (Hierauf folgt noch Untersuchung mit dem Augenspiegel.)

Bei typischer Myopie bleibt, bei Vornahme der Naheprobe, die Distanz, in welcher der Druck deutlich gelesen wird, stets annähernd gleich, wenn auch die Größe der Druckprobe erheblich variiert.

2. Atypische (progressive) Myopie.

Bei der atypischen Myopie handelt es sich um eine Refraktionsanomalie, aber um eine sekundäre, d. h. die Refraktionsanomalie ist die Folge einer Gestaltsveränderung des Augapfels. Der Augapfel ist namentlich im sagittalen Durchmesser wesentlich größer, als der eines normalen Auges. Der sagittale Durchmesser des Auges (normal 22—24 *mm*) kann 30 *mm* und darüber betragen. In diesen Augen ist insbesondere der hintere Augapfelabschnitt wesentlich vergrößert und die erweiterten Wandungen dortselbst verdünnt. (Staphyloma posticum Scarpae.) Schon äußerlich sind solche Augen, bezgsw. die atypische Myopie erkennbar. Die Augen treten infolge ihrer Größe aus der Lidspalte hervor (Glotzaugen), dabei sind die Pupillen gewöhnlich größer, die Vorderkammern tiefer als normal. Namentlich fällt dieser Zustand dann auf, wenn Anisometropie, d. h. ungleiche Refraktion an beiden Augen besteht. Es fällt sofort eine gewisse Asymetrie des Gesichtes auf, wenn das eine Auge z. B. emmetropisch, das andere infolge Staphyloma posticum Scarpae, hochgradig myopisch ist. Das hochgradig kurzsichtige Auge bietet eine weitere Lidspalte dar, die Pupille ist größer, als am anderen Auge. Während also bei typischer Myopie keine oder wenigstens keine

auffallende Vergrößerung des Augapfels besteht, ist die atypische Myopie stets mit einer Vergrößerung des Augapfels verbunden.

Die atypische Myopie ist in der Regel eine angeborene, zumindestens äußerst frühzeitig bereits auftretende. Man findet sie bereits bei Kindern in den ersten Volksschulklassen. (Die typische Myopie macht sich gewöhnlich erst um das 14. Lebensjahr [Mittelschule] bemerkbar.) Kann man die typische Myopie als Attribut der gebildeten Stände bezeichnen, so muß man bezüglich der atypischen Myopie sagen, daß sie sowohl bei Gebildeten als auch bei Analphabeten in gleichem Maße anzutreffen ist.

Diese Art der Myopie kann daher nicht auf Rechnung der Schule gesetzt werden. Wohl schreitet der bereits frühzeitig hohe Grad der Myopie und mit demselben auch Veränderungen im Augeninnern mit weiterem Schulbesuche (zunehmendem Alter) ebenfalls fort, aber während bei der typischen Myopie mit dem Abschlusse des Körperwachstumes, also nach dem 20. Lebensjahre, keine Veränderung in Bezug auf Refraktion und Sehschärfe sich bemerkbar macht, kann bei der atypischen Myopie noch eine wesentliche Veränderung (ad pejus) eintreten.

Der Grad der atypischen Myopie ist in der Regel höher als 10 *D*, oft bis 20 *D* oder 30 *D* reichend.

Die Sehschärfe solcher Augen ist stets eine herabgesetzte, fast immer kleiner als $^5/_{10}$, mitunter nur $^2/_{10}$ bis $^3/_{10}$ betragend.

Wie bei der typischen Myopie tritt auch hier der Nachteil ein, daß ohne Gläser ferne Gegenstände nicht erkannt werden, wozu noch der weitere Nachteil tritt, daß auch nach Korrektion mit Gläsern die Sehschärfe auch nicht zur normalen gebracht werden kann. Während aber das mit typischer Myopie behaftete Auge zu den feinsten und andauerndsten Augenarbeiten geeignet ist, können die mit Staphyloma posticum Scarpae behafteten Augen infolge

der herabgesetzten Sehschärfe, sowie weiteren Veränderungen im Augeninnern, dies nicht.

Der Augenhintergrund bietet sehr häufig sichtbare Veränderungen dar:

a) In erster Linie fällt der Konus auf.

Beim Staphyloma posticum Scarpae ist der Konus stets ziemlich groß, oft 1 *PD* (Papillen-Durchmesser) und darüber. Auch tritt der Konus nicht nur temporal auf, sondern kann zirkular um die ganze Papille vorhanden sein, wobei aber dennoch temporal stets die größte Ausdehnung vorhanden ist.

b) Neben dem Konus sind noch Veränderungen in der Chorioidea, u. zw. anschließend an den Konus, sowie namentlich in der Makulargegend ziemlich häufig vorhanden. (Retinochorioiditis centralis.)

c) Erkrankung des Glaskörpers gehört ebenfalls nicht zu den Seltenheiten. Häufig finden sich verschieden geformte, bewegliche Gebilde im Glaskörper. (Mouches volantes.)

d) In seltenen Fällen kommt es bei der deletären Form der hochgradigen Myopie später auch zur Abhebung der Netzhaut und dadurch zum Untergang des Auges.

Therapie der atypischen Myopie.

1. Überhaupt keine Korrektion.
2. Korrektion durch Konkavgläser.
3. Operativer Eingriff.

ad 1. Manche hochgradige Myopen, welche nie Gläser getragen haben und sich bereits in einem höheren Alter befinden, können sich an stärkere Gläser nicht mehr gewöhnen und ziehen das unbewaffnete Auge stets dem korrigierten vor. Diese Fälle versuche man daher nicht weiter zu korrigieren.

ad 2. Bei der Korrektion durch Konkavgläser kann man entweder Vollkorrektion oder Unterkorrektion vornehmen. Wenn die Myopie nicht die höchsten Grade erreicht, z. B. 10—12 *D* beträgt, kann man das korrigierende Glas ohne weiteres zum Tragen für die Ferne verordnen; für die Nähe verschreibe man ein schwächeres, u. zw. ungefähr um 4 *D* schwächeres Konkavglas. Bei den höchsten Myopen, z. B. 20 *D* und stärker, wird das korrigierende Glas auch für die Ferne nicht vertragen. Der Grund liegt darin, daß so starke Konkavgläser die Bilder stark verkleinern und daß die Patienten infolge starken Schwindels auf die Vollkorrektion verzichten. In diesen Fällen von höchstgradiger Myopie gebe man ein um einige Dioptrien schwächeres Glas, als der Korrektion entsprechen würde, zum ständigen Tragen sowohl für die Ferne als auch für die Nähe.

ad 3. Der operative Eingriff besteht in der Entfernung der Linse aus dem Auge. Durch Entfernung der Linse aus dem Auge (Diszission, Extraktion) wird der bei Staphyloma posticum Scarpae bestehende vermehrte Brechzustand des dioptrischen Apparates wesentlich vermindert, so daß parallel auf das Auge auffallende Strahlen, welche bei Anwesenheit der Linse einige Millimeter vor der Netzhaut zur Vereinigung gelangten, nach Entfernung der Linse auf der Netzhaut, ja sogar hinter derselben erst zur Vereinigung kommen. Es geht somit die früher bestandene hochgradige Myopie in Emmetropie, resp. Hypermetropie über. Es eignen sich in der Regel Myopien von 14 *D* aufwärts zur Vornahme dieser Operation, u. zw. werde stets nur ein Auge operiert.

Myopie.

Typische:

1. Größe des Bulbus: normal (22—24 *mm*).
2. Sehschärfe: Fast immer normal.
3. Grad der Myopie: Unter 8 *D*.
4. Ätiologie: Erworben (Mittelschule).
5. Vorkommen: Zumeist gebildete Stände.
6. Augenhintergrund: Normal.
7. Häufig Konus ($^1/_3$ bis $^1/_2$ *PD*).
8. Glaskörper: Normal.
9. Verlauf: Vom 20. Lebensjahr stationär.
10. Therapie; Vollkorrektur.

Im allgemeinen gesundes Auge.

Atypische:

1. Größe des Bulbus: Wesentlich größer (28—35 *mm*), Lidspalte größer, Pupille weiter.
2. Sehschärfe: Stets herabgesetzt.
3. Grad der Myopie: Über 10 *D* (bis 30 *D*).
4. Ätiologie: Angeboren. (Bereits in der Volksschule.)
5. Vorkommen: Sowohl Gebildete, als auch Analphabeten.
6. Augenhintergrund: Krankhafte Veränderungen.
7. Augenhintergrund: Immer Konus (1 *PD* und größer).
8. Glaskörper: Opacitates corp. vitrei.
9. Verlauf: Progressiv.
10. Therapie: Vollkorrektion, Unterkorrektion, Operation.

Im allgemeinen sehschwaches, krankes Auge.

6. Kursstunde.

IX. Hypermetropie.

IX. Hypermetropie.

Definition: Jener Refraktionszustand, bei welchem der zweite Brennpunkt des Auges hinter die Netzhaut fällt.

Parallel auf die Hornhaut auffallende, also von Gegenständen, die sich in unendlicher Entfernung befinden, herkommende Strahlen, werden hinter der Netzhaut vereint. Auf der Netzhaut können daher nur konvergent auffallende Strahlen vereinigt werden. Es ist das hypermetropische Auge für konvergent auffallende Strahlen eingestellt.

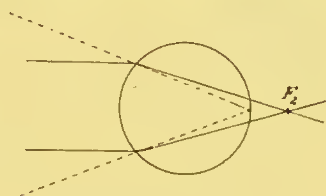


Fig. 28.

Gegenstände, welche sich in endlicher Entfernung vor dem Auge befinden, senden divergente, Gegenstände welche sich in unendlicher Entfernung befinden, senden parallele Strahlen aus. Konvergente Strahlen werden also weder von einem in endlicher, noch von einem in unendlicher Entfernung vor dem Auge befindlichen Gegenstande ausgesendet. Da das hypermetropische Auge durch seinen Bau allein, nur konvergent auf das Auge auffallende Strahlen auf seiner Netzhaut vereint, solche aber von keinem Gegenstand ausgesendet werden, könnte das hypermetropische Auge ohne Glas, nur durch den bloßen Bau

allein, überhaupt keinen Gegenstand deutlich sehen. Dies trifft jedoch deshalb nicht zu, weil beim hypermetropischen Auge der Akkommodation eine größere Tätigkeit als beim emmetropischen und myopischen Auge zufällt. Durch die Akkommodation, d. i. durch die Kontraktion des Ziliarmuskels, unter gleichzeitig stärkerer Wölbung der Linsenflächen, kann die Brechkraft des dioptrischen Apparates derart erhöht werden, daß der 2. Brennpunkt, welcher im hypermetropischen Auge (während der Akkommodationsruhe) hinter die Netzhaut fällt, auf die Netzhaut, ja sogar vor dieselbe fallen kann. (Ein hypermetropisches Auge kann daher während der Akkommodationstätigkeit ein emmetropisches oder sogar ein myopisches Auge vortäuschen.) Im hypermetropischen Auge muß, damit deutlich ohne Hilfe von Gläsern gesehen wird, die Akkommodation stets in Tätigkeit sein. Es muß also der Hypermetrope bereits beim Blicke in die unendliche Entfernung seine Akkommodation zu Hilfe nehmen.

Wie bei der Myopie kann man auch bei der Hypermetropie zwei Gruppen unterscheiden:

1. Typische } Hypermetropie.
2. Atypische }

1. Typische Hypermetropie.

Bei der typischen Hypermetropie handelt es sich um einen optischen Fehler in einem Auge, dessen Form nicht wesentlich von der des emmetropischen abweicht. Achsenlänge und Brechkraft können, jede für sich genommen, normal sein und doch resultiert Hypermetropie. Eine Achsenlänge von 22 *mm* ist normal, eine Brechkraft des dioptrischen Apparates, bei welcher der 2. Brennpunkt 24 *mm* hinter dem Hornhautscheitel gelegen ist, ist ebenfalls normal. Die Kombination dieser an und für sich

normalen Größen, also Achsenlänge von 22 *mm*, 2. Brennpunkt in 24 *mm* ergibt Hypermetropie.

Die Hypermetropie ist in solchen Augen (ebenso wie die typische Myopie) nur durch ein Mißverhältnis zwischen Achsenlänge und Brechkraft des dioptrischen Apparates bedingt.

Die typische Hypermetropie ist ein angeborener, zum mindesten frühzeitig bereits auftretender Refraktionszustand, welcher sich in erster Linie bei dauernder Augenarbeit (Lesen, Zeichnen, Nähen etc.) äußert.

Der Grad der typischen Hypermetropie beträgt selten mehr als 5—6 *D*, also etwas geringer als bei typischer Myopie.

Die Sehschärfe ist bei niedriger Hypermetropie in der Regel normal, bei mittleren Graden (bei welchen bei Myopie fast noch immer normale Sehschärfe besteht) bereits häufig, bei hohen Graden immer herabgesetzt. Hypermetropische Augen von 5—6 *D* können, ohne daß Veränderungen im Augenhintergrunde nachweisbar wären, herabgesetzte Sehschärfe aufweisen.

Die Akkommodationsbreite des Hypermetropen ist ebensogroß wie die des gleichartigen Emmetropen und Myopen. Nur das Akkommodationsgebiet ist ein wesentlich anderes, indem der Nahepunkt (*p p*) weiter vom Hornhautscheitel gerückt ist als der des gleichaltrigen Emmetropen und noch wesentlich weiter als der des gleichaltrigen Myopen. Um ferne Gegenstände zu betrachten, braucht der Emmetrope absolut nicht zu akkommodieren, der Hypermetrope muß aber, selbst bei Blick in die unendliche Entfernung akkommodieren, d. h. er verbraucht bereits einen Teil seiner Akkommodation. Der Hypermetrope hat daher dem Emmetropen gegenüber ein Defizit an Akkommodation aufzuweisen, wenn beide von fernen auf nahe Gegenstände sich einzustellen haben, da der Hypermetrope bereits einen Teil für die Ferne verausgaben muß.

Bei der Hypermetropie sind nachfolgende Begriffe zu erwähnen:

a) Manifeste
b) latente } Hypermetropie.
c) totale

ad *a*). Manifeste Hypermetropie (*Hm*). Der Hypermetrope muß, um in die Ferne deutlich zu sehen, akkommodieren, es wird somit ein Teil der Hypermetropie durch die Akkommodation gedeckt und nur ein Teil der Hypermetropie tritt bei der Untersuchung mit Konvexgläsern zutage (manifestiert sich). Dieser Teil der Hypermetropie, welcher durch Vorsetzen von Konvexgläsern ermittelt wird, ist die manifeste Hypermetropie (*Hm*). Je älter der Hypermetrope, desto geringer die Akkommodation, d. h. desto weniger Hypermetropie kann durch die Akkommodation gedeckt werden, desto mehr wird durch Konvexgläser manifest gemacht.

Je älter der Hypermetrope, desto größer die manifeste Hypermetropie.

ad *b*). Latente Hypermetropie (*Hl*). Jene Hypermetropie, welche durch die Akkommodation gedeckt wird, latent bleibt, wird latente Hypermetropie (*Hl*) genannt. Je älter der Hypermetrope, desto geringer die Akkommodation, desto weniger Hypermetropie kann latent bleiben, desto mehr wird manifest.

Je älter der Hypermetrope, desto geringer die latente Hypermetropie.

ad *c*). Totale Hypermetropie (*Ht*). Jene Hypermetropie, welche bei vollständiger Akkommodation zutage tritt, wird totale Hypermetropie (*Ht*) genannt. Die totale Hypermetropie stellt also die eigentliche, wahre Hypermetropie dar. Sie setzt sich aus der Summe der manifesten und der latenten Hypermetropie zusammen:

$$Ht = Hm + Hl.$$

Bestimmung der manifesten Hypermetropie.

Wir ermitteln die manifeste Hypermetropie durch Vorsetzen von Konvexgläsern. Auch in jenen Fällen, in welchen ohne Gläser die Sehschärfe normal = 1 gefunden wird, kann nicht mit Bestimmtheit Emmetropie angenommen werden, da ja durch Akkommodation die Hypermetropie gedeckt werden kann. Wir können in dem Falle, in welchem (für die Ferne) $S = 1$ gefunden wird, nur eines mit Bestimmtheit aussagen, nämlich: daß Myopie ausgeschlossen, es kann sich daher nur um Emmetropie oder Hypermetropie handeln. Ein Emmetrop wird durch Vorsetzen, auch des schwächsten Konvexglases (0·50 *D* — 1,0 *D*), sofort wesentlich schlechter sehen. Sieht aber der Untersuchte durch das vorgesetzte Konvexglas besser oder auch nur ebensogut wie ohne Glas, so ist er sicher Hypermetrop. Das stärkste Konvexglas, mit welchem die beste Sehschärfe erzielt wird, entspricht der manifesten Hypermetropie.

Beispiel 22. Wenn der Untersuchte ohne Glas $S = 1$ hat, mit + 1 *D* ebenfalls $S = 1$, mit + 1·5 *DS* aber geringer wird, so ist $Hm = 1 D$.

Beispiel 23. Der Untersuchte sieht ohne Glas $^6/_{10}$, mit + 2 *D* ebenfalls $^6/_{10}$, so ist $Hm = 2 D$.

Beispiel 24. Ohne Glas sieht der Untersuchte $^5/_{10}$ mit + 3 *D* $^8/_{10}$, eine Steigerung der Sehschärfe nicht mehr zu erzielen, so ist $Hm = 3$ D.

Bestimmung der totalen Hypermetropie.

Auf zwei Arten:

α) Mit Hilfe von Konvexgläsern.
β) Mit Hilfe des Augenspiegels.

Mit Konvexgläsern kann die totale Hypermetropie nur nach vollständiger Ausschaltung der Akkommodation bestimmt werden. Dies wird ohne weiteres ermöglicht:

1. Bei Leuten über 60 Jahren durch das natürliche Fehlen der Akkommodation;

2. ferner bei krankhafter Lähmung des Ziliarmuskels (partielle oder totale Okulomotoriuslähmung), oder

3. durch Lähmung der Akkommodation durch Medikamente (Atropin etc.).

In allen anderen Fällen ist die Bestimmung der totalen Hypermetropie nur mit dem Augenspiegel möglich: Das stärkste Konvexglas, mit welchem ein emmetropischer (dabei nicht akkommodierender Untersucher) den Augenhintergrund des Untersuchten noch deutlich sieht, gibt den Grad der totalen Hypermetropie an.

Bestimmung der latenten Hypermetropie.

Diese kann nur dann bestimmt werden, wenn die manifeste (*Hm*) und die totale (*Ht*) Hypermetropie bereits bekannt ist, u. zw. zeigt die Differenz zwischen totaler und manifester Hypermetropie die latente Hypermetropie an:

$$Hl = Ht - Hm.$$

Beschwerden der Hypermetropen.

Geringe Grade von totaler Hypermetropie können bei jugendlichen Individuen oft vollständig verborgen bleiben, indem weder beim Sehen in die Ferne, noch bei Naharbeit Beschwerden auftreten. Nur der Eintritt der Presbyopie macht sich bei den geringen Graden bereits vor dem 45. Lebensjahre geltend.

Mittlere Grade von totaler Hypermetropie machen sich häufig bereits frühzeitig bei Naharbeit bemerkbar (Asthenopia accommodativa), während das Sehen in die Ferne keinen Anlaß zu Klagen gibt.

Höhere Grade von totaler Hypermetropie führen stets zu Beschwerden, u. zw. sowohl beim Sehen in die Ferne als auch bei Naharbeit.

Die geringen Grade von *Ht* führen den Patienten daher gewöhnlich nicht zum Arzte, sondern die mittleren und höheren Grade von *Ht*.

Asthenopia accommodativa.

Man versteht darunter die Beschwerden der Hypermetropen mittleren und hohen Grades bei andauernder Naharbeit. Der Akkommodationsmuskel der Hypermetropen ist stets in Anspruch genommen, ermüdet daher viel leichter als jener des Emmetropen oder Myopen.

Bei andauernder Augenarbeit, d. i. beim Lesen, Zeichnen, Schreiben, Nähen etc. verschwimmen nach kurzer Zeit die Gegenstände, werden undeutlich, die Buchstaben »tanzen« vor dem Auge, die Zeilen sind ineinander verschoben u. s. w. Sehr häufig treten auch Kopfschmerzen, namentlich Schmerzen oberhalb des Augenbrauenbogens, in den Stirnknochen, Gefühl der Ermüdung, Schläfrigkeit ein. Wird die Arbeit für kurze Zeit unterbrochen, so verschwinden baldigst alle diese Erscheinungen der Asthenopia accommodativa und es kann dann die Arbeit wieder frisch begonnen werden, um nach kurzer Zeit wieder unterbrochen werden zu müssen. Diese Erscheinungen machen sich anfangs gewöhnlich erst in den späteren Nachmittagsstunden, am Abend, bemerkbar, während des morgens die Arbeit flott von statten geht.

Behandlung der Asthenopia accommodativa.

Verordnung von Konvexgläsern, u. zw. jenes Glas, welches der manifesten Hypermetropie entspricht, d. h. das stärkste Konvexglas, mit welchem die beste Sehschärfe erzielt wird. Dieses Konvexglas ist in erster Linie nur bei jeder Naharbeit zu tragen, solange der Hypermetrope in die Ferne ohne Spur einer Ermüdung gut sieht. Beträgt die totale Hypermetropie mehr als 4 *D*, so können, infolge stetiger Kontraktion des Ziliarmuskels, auch beim Blicke in die Ferne Beschwerden auftreten, weshalb dann das die manifeste Hypermetropie korrigierende Konvexglas

zum ständigen Tragen, also sowohl für die Nähe, als auch für die Ferne verordnet wird.

Behandlung des presbyopischen Hypermetropen.

Der presbyopische Hypermetrope braucht zur Naharbeit ein stärkeres Konvexglas als der gleichaltrige Emmetrope. Man verordnet jenes Konvexglas, welches dem gleichaltrigen presbyopischen Emmetropen gebühren würde plus dem Konvexglas, welches die manifeste Hypermetropie korrigiert.

Beispiel 25.

Ein	45jähr.	Hypermetrop	von	2*D*	erhält	(+ 1) + (+ 2) = 3*D*
»	50	»	»	4*D*	»	(+ 2) + (+ 4) = 6*D*
»	55	»	»	4*D*	»	(+ 3) + (+ 4) = 7*D*
»	60	»	»	2*D*	»	(+ 4) + (+ 2) = 6*D*

(45jähr.	*E*	erhält	+ 1, *D*
50	»	»	+ 2, *D*
55	»	»	+ 3, *D*
60	»	»	+ 4, *D*)

Atypische Hypermetropie.

a) Ebenso wie eine bedeutende Vergrößerung der Längsachse des Auges mit vermehrter Brechkraft des dioptrischen Apparates eine atypische Myopie erzeugt, ebenso kann eine wesentliche Verkleinerung der Längsachse des Auges mit verminderter Brechkraft des dioptrischen Apparates einen sehr hohen Grad von Hypermetropie, atypische Hypermetropie, erzeugen. Schon äußerlich können solche Augen infolge ihrer Kleinheit auffallen.

b) Eine weitere Ursache der atypischen Hypermetropie ist die Linsenlosigkeit des Auges (Aphakie). Wird bei einem Emmetropen die kataraktös gewordene Linse entfernt, so wird der Brechzustand des Auges wesentlich vermindert. Parallel auf das Auge auffallende Strahlen, welche im linsenhältigen Auge auf der

Netzhaut zur Vereinigung kamen, werden im linsenlosen Auge erst hinter der Netzhaut (zirka 6—7 *mm* hinter derselben) vereinigt.

ad *a*). Die Hypermetropie, bei welcher der Augapfel auffallend klein ist, kommt in höheren Graden, über 6 *D*, zur Beobachtung. Doch werden bei der Hypermetropie nie so hohe Grade angetroffen, wie bei der Myopie. Hypermetropie über 12 *D* gehört schon zu den größten Seltenheiten.

Die Sehschärfe der hochgradig hypermetropischen Augen ist stets herabgesetzt, ohne daß am Augenhintergrunde besondere Veränderungen wahrzunehmen wären. Mitunter besteht gleichzeitig Astigmatismus oder Strabismus, mitunter sind die Grenzen der Papille leicht verschwommen, die Papille selbst gerötet (neuritisches Aussehen), ohne daß aber eine Entzündung bestehen würde.

Beschwerden dieser Hypermetropen. Es kommt nicht selten vor, daß hochgradig hypermetropische Kinder zum Arzte gebracht werden, mit der Angabe, es bestehe starke Kurzsichtigkeit. Hochgradige Hypermetropen sehen auch trotz angestrengter Akkommodation sehr schlecht in die Ferne, täuschen daher »Kurzsichtigkeit« vor. Wenn das hochgradig hypermetropische Auge in der Nähe arbeiten soll, d. h. wenn das Kind z. B. lesen soll, so nimmt es das Buch ungemein nahe an das Auge, ja stoßt sogar mit der Nase fast an das Buch an. Dies erweckt natürlich den Anschein, daß das Kind hochgradig kurzsichtig sei, umsomehr, als es ja auch in die Ferne schlecht sieht. Die Ursache dieses Näherrückens eines Buchdruckes etc. liegt in folgendem: Je näher der Druck an das Auge gebracht wird, desto größer sind die Zerstreuungskreise auf der Netzhaut, umsomehr leidet also die Schärfe des Netzhautbildes. Anderseits wird das Netzhautbild dadurch, daß der Gegenstand nahe an das Auge gebracht wird, wesentlich vergrößert. Die Größe

des Netzhautbildes wird der Schärfe vorgezogen, es wird aus der Größe der Gegenstand, die Buchstaben etc. erraten, daher die Annäherung der Objekte nahe an das Auge.

ad *b*). Atypische Hypermetropie infolge Aphakie. Jedes emmetropische, jedes hypermetropische, sowie viele myopischen (geringe und mittlere Grade) Augen werden durch Entfernung der Linse hochgradig hypermetropisch, u. zw. beträgt die Hypermetropie sehr häufig mindestens 10 *D*. (Ein hochgradig myopisches Auge, z. B. Myopie über 14 *D*, kann nach Entfernung der Linse emmetropisch werden. Siehe Operation der atypischen Myopie.)

Die Hypermetropie des aphakischen Auges, welche durch Gläserkorrektion ermittelt wird, ist stets eine totale, da ja nach Entfernung der Linse nicht mehr von einer regelrechten Akkommodation die Rede sein kann. Jedes aphakische Auge muß infolge Fehlens der Akkommodation zwei Konvexgläser verordnet erhalten, u. zw. ein Glas für die Ferne und eines für die Nähe. Letzteres ist gewöhnlich um zirka 4 *D* stärker als das Erstere. Wenn ein Emmetrope bei erhaltener Akkommodation sich von der Ferne für die Nähe einstellen will (auf zirka 25 *cm*), so muß er die Brechkraft seiner Kristalllinse um 4 *D* vermehren. Da dieses beim aphakischen Auge nicht möglich ist, so wird dem für die Ferne korrigierenden Glase + 4 *D* zugesetzt. Braucht somit ein aphakisches Auge für die Ferne 10 *D*, so erhält es zum Lesen, Schreiben u. s. w. 14 *D* verordnet.

— —

7. Kursstunde.

X. Astigmatismus.

XI. Anisometropie.

X. Astigmatismus.

Definition: Jener Refraktionszustand, bei welchem von derselben Entfernung auf das Auge auffallende Strahlen nirgends in einem Punkte vereinigt werden (ἀ—στίγμα).

Die Oberflächen der Hornhaut und der Linse sind nicht Abschnitte von wirklichen Kugelflächen. Die Meridiane sind also nicht ideal gleich stark gekrümmt, sondern es sind Meridiane stärkerer und schwächerer Krümmung, so daß die in einem Meridiane auffallenden Strahlen früher als in einem anderen Meridiane auffallende zur Vereinigung gebracht werden. Es sind daher alle Augen zumindest in sehr geringem Grade astigmatisch.

Der Sitz des Astigmatismus ist gewöhnlich die Hornhaut.

Wir unterscheiden zwei Arten von Astigmatismus

1. Regelmäßiger } Astigmatismus. (As regularis.)
2. Unregelmäßiger } Astigmatismus. (As irregularis.)

1. Regelmäßiger Astigmatismus.

(Astigmatismus regularis.)

Definition: Jeder Meridian hat an allen Stellen die gleiche Brechung. Die einzelnen Meridiane sind aber verschieden brechend.

Stets ist ein Meridian vorhanden, in welchem die stärkste und einer, in welchem die schwächste Brechung vorhanden ist. Diese Meridiane (Hauptmeridiane) der stärksten und schwächsten Brechung stehen senkrecht aufeinander.

In der Regel ist der vertikale Meridian der stärker brechende, so daß parallel auf die Hornhaut auffallende Strahlen im vertikalen Meridiane früher zur Vereinigung kommen als im horizontalen, welcher in der Regel der schwächer brechende Meridian ist.

Nach der Refraktion in den einzelnen Meridianen wird der regelmäßige Astigmatismus eingeteilt in:

Einfachen
Zusammengesetzten } Astigmatismus.
Gemischten

ad *a*). Einfacher Astigmatismus ist jene Form, bei welcher in einem Hauptmeridian Emmetropie, im anderen Ametropie (Myopie oder Hypermetropie) besteht.

ad *b*). Zusammengesetzter Astigmatismus: Es besteht in beiden Hauptmeridianen dieselbe Ametropie (Myopie oder Hypermetropie in verschiedenen Graden).

ad *c*). Gemischter Astigmatismus: Es besteht in beiden Hauptmeridianen verschiedene Ametropie (Myopie in dem einen, Hypermetropie in dem anderen Meridiane).

Wir unterscheiden somit im ganzen folgende Arten:

α) einfach myopischer (ein Hauptmeridian emmetrop, der andere myop);

β) einfach hypermetropischer (ein Hauptmeridian emmetrop, der andere hypermetrop);

γ) zusammengesetzter myopischer (beide Hauptmeridiane myop in verschiedenen Graden);

δ) zusammengesetzter hypermetropischer (beide Hauptmeridiane hypermetrop in verschiedenen Graden);

ε) gemischter Astigmatismus (ein Hauptmeridian myop, der andere hypermetrop).

Beschwerden der Astigmatiker.

Bei dem geringsten Grade, dem physiologischen Astigmatismus (Astigmatismus stets unter 1 *D*) sind keine Beschwerden. Bei Astigmatismus über 1 *D* besteht häufig herabgesetzte Sehschärfe, welche bei mittleren Graden auch trotz richtiger Korrektion stets herabgesetzt bleibt.

Diagnose des Astigmatismus.

a) An das Bestehen eines Astigmatismus hat man in allen jenen Fällen von Refraktionsanomalien zu denken, in welchen bei niedrigen oder mittleren Graden, sei es Myopie oder Hypermetropie, keine vollständige Korrektion der Sehschärfe durch sphärische Gläser erzielt wird.

b) Man untersuche an einer Figur, welche aus Radien eines halben Kreises besteht, die um je 10° von einander abweichen, ob gewisse Radien viel deutlicher als andere gesehen werden. Die Richtung des deutlichst gesehenen Radius gibt dann einen Hauptmeridian an.

c) Man lege einen stenopäischen Spalt vor einen Meridian, z. B. vor dem vertikalen und bestimmt nun bei Ausschluß der übrigen Meridiane, die Refraktion in diesem, dann in dem darauf senkrechten Meridiane.

d) Untersuchung mit dem Ophthalmometer von Javal. Untersuchung mit Placidos Keratoskop.

e) Untersuchung mit dem Augenspiegel. Man kann am astigmatischen Auge mit keinem vor den Spiegel vorgesetzten Glase die Papille vollkommen scharf sehen. Man sieht die nach auf- und abwärts von der Papille ziehenden Gefäße mit einem bestimmten Glase scharf, während die nach den Seiten, medial oder lateral, ziehenden Gefäße wieder mit einem anderen Glase scharf gesehen werden. Werden z. B. die vertikal verlaufenden Gefäße am deutlichsten mit

+ 4 *D*, die horizontal verlaufenden mit 0 gesehen, so besteht im vertikalen Meridiane Emmetropie, im horizontalen Meridiane Hypermetropie 4 *D*.

Ein anderes Beispiel: Es werden die seitlich verlaufenden Gefäße mit — 2 *D*, die vertikal verlaufenden Gefäße mit — 6 *D* scharf gesehen, so besteht im horizontalen Meridiane *My* 6 *D*, im vertikalen Meridiane *My* 2 *D*.

Es verhält sich also die wirkliche Refraktion scheinbar entgegengesetzt dem ophthalmoskopischen Befunde. (Die Erklärung dafür wird hier absichtlich nicht angeführt.)

Ursachen des regelmäßigen Astigmatismus.

1. Angeborene Krümmungsanomalien in der Hornhaut.
2. Erworbene Krümmungsanomalien in der Hornhaut; nach Staroperationen, Iridektomien, tritt fast stets Astigmatismus auf (auch nach Linsenluxationen).

Behandlung des regelmäßigen Astigmatismus.

Verordnung von Zylindergläsern allein oder in Kombination mit sphärischen Gläsern.

Beispiele: *a*) Einfach myopischer Astigmatismus.

Es bestehe im vertikalen Meridiane eine *My* 2 *D*, im horizontalen Meridiane bestehe *E*.

Verordnung: Konkavzylinder 2 *D* Achse horizontal. (Der horizontale Meridian ist emmetropisch, braucht daher keine Korrektion, nur der vertikale Meridian. Eine Konkavzylinderachse horizontal wirkt im horizontalen Meridiane als Planglas im vertikalen wie ein Konkavglas.)

b) Einfach hypermetropischer Astigmatismus.

Es bestehe im vertikalen Meridiane Emmetropie, im horizontalen Meridiane Hypermetropie 3 *D*.

Verordnung: Konkavzylinder 3 *D*, Achse vertikal.

Es nimmt beim einfachen Astigmatismus die Achse des Zylinderglases die Stellung jenes Meridianes an, in welchem Emmetropie besteht.

c) Zusammengesetzter myopischer Astigmatismus.

Es bestehe im vertikalen Meridiane *My* 5 *D*, im horizontalen Meridiane *My* 2 *D*.

Verordnung: Sphärisch konkav 2 *D* kombiniert mit Zylinder konkav 3 *D*, Achse horizontal.

(— 2 *D* sph. ⊂ — 3 *D* zyl. Achse →)

(Durch sphärisch konkav 2 *D* wird am horizontalen Meridiane die Myopie aufgehoben, im vertikalen Meridiane erübrigt dann noch eine Myopie von 3 *D*. Es besteht also jetzt der Zustand eines einfachen myopischen Astigmatismus, welcher durch Konkavzylinder 3 *D*, Achse horizontal korrigiert wird.)

d) Zusammengesetzter hypermetropischer Astigmatismus.

Es bestehe im vertikalen Meridiane *Hy* 2 *D*, im horizontalen Meridiane *Hy* 6 *D*.

Verordnung: Sphärisch konvex 2 *D* kombiniert mit Zylinder konvex 4 *D*, Achse vertikal.

(+ 2 *D* sph. ⊂ + 4 *D* zyl. Achse ↓)

Beim zusammengesetzten Astigmatismus verordnet man immer eine Kombination von zylindrischen mit sphärischen Gläsern, u. zw. verordnet man die Differenz zwischen den beiden Meridianen als Zylinderglas.

2. Unregelmäßiger Astigmatismus.

Definition: Die einzelnen Meridiane sind verschieden brechend. In ein und demselben Meridiane ist an verschiedenen Stellen eine verschiedene Brechung.

Der Sitz des unregelmäßigen Astigmatismus ist gewöhnlich die Hornhaut, seltener die Linse. Am häufigsten

führen Erkrankungen der Hornhaut, resp. Narben der Hornhaut zu unregelmäßigem Astigmatismus. Infolge der Hornhautnarben ist die Krümmung in einem und demselben Meridiane nicht überall gleich. Alle Hornhautabschliffe, Ektasien, erzeugen unregelmäßigen Astigmatismus.

Der unregelmäßige Linsen-Astigmatismus tritt namentlich bei beginnender Katarakta hervor.

Therapie: Eine Korrektion durch Gläser unmöglich Stets herabgesetzte Sehschärfe.

XI. Anisometropie.

Definition: Verschiedene Refraktion beider Augen.

Es kann das eine Auge emmetropisch, das andere myopisch oder hypermetropisch (astigmatisch) sein oder beide Augen verschieden ametropisch, so daß das eine Auge myopisch, das andere Auge hypermetropisch ist. Auch größere Gradunterschiede derselben Ametropie an beiden Augen werden als Anisometropie bezeichnet.

Vorkommen: *a*) Angeboren. *b*) Erworben.

a) Angeborene Anisometropie kann oft schon äußerlich leicht zu erkennen sein. So erzeugt Emmetropie des einen, hochgradige Myopie (Staphyloma posticum Scarpae) des anderen Auges eine deutliche Asymetrie des Gesichtes. Die Lidspalte des myopischen Auges ist weiter, der Augapfel größer, stärker hervortretend, die Kammer tiefer, die Pupille weiter als im emmetropischen Auge.

b) Erworbene Anisometropie tritt am häufigsten nach einseitigen Staroperationen, nach einseitiger Entfernung der Linse bei beiderseitiger hochgradiger Myopie auf.

Behandlung: Man korrigiert in der Regel das Auge mit der besseren Sehschärfe.

Beispiel 26. Das rechte Auge E mit $S\,{}^{5}/_{10}$, das linke Auge My $2D$ mit $S = 1$. Verordnung: *R. plan, L.* $-2D$.

Beispiel 27. Das rechte Auge E mit $S = 1$, das linke Auge My $4D$ mit $S = 1$. Verordnung: Kein Glas.

Beispiel 28. Das rechte Auge *E* mit $S = 1$, das linke Auge *Hy* 10 *D* mit $S = 1$ (Aphakie). Verordnung: Kein Glas.

Beispiel 29. Das rechte Auge *E* mit $S = {}^{6}/_{10}$, das linke Auge *Hy* 2 *D* mit $S = 1$. Verordnung: *R. plan, L.* + 2 *D*.

Beispiel 30. Das rechte Auge *My* 2 *D* mit $S = {}^{2}/_{10}$, das linke Auge *Hy* 10 *D* mit $S = {}^{6}/_{10}$ (Aphakie). Verordnung: *R. plan, L.* + 10 *D*.

Anmerkung: Zu Beispiel 27. *R. A. E* mit $S = 1$. *L. A. My* mit $S = 4 D$. In diesem Falle wird auch im späteren Alter kein Glas für die Nähe verordnet. Mit dem rechten Auge sieht Patient gut in die Ferne, mit dem linken Auge auch bei vollständiger Akkommodationslosigkeit, also auch nach dem 60. Lebensjahre, sieht der Patient zu jeder Naharbeit gut, vorausgesetzt, daß die Sehschärfe an beiden Augen gleich gut geblieben ist.

Zu Beispiel 28. Das rechte Auge *E* mit $S = 1$, das linke Auge *Hy* 10 *D* mit $S = 1$ (Aphakie). Der Grund, warum kein Glas zu verordnen ist, ist folgender: Durch Vorsetzen eines Konvexglases von 10 *D* vor das linke Auge würde das Netzhautbild wesentlich vergrößert, während am rechten Auge die Größe des Netzhautbildes unverändert bleibt. Diese Bilder würden sich nicht vollständig decken, das Sehen mit beiden Augen *r. plan, l. konvex* 10 *D* würde undeutlicher, als das Sehen bloß mit dem unkorrigierten rechten Auge. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich daher nicht eine einseitige, im anatomischen Sinne vollständig reife Katarakta zu operieren, wenn das andere Auge noch eine gute Sehschärfe aufweist. Ausnahmen dieser Regel können vorkommen.

DRUCK VON LEOP. KARAFIAT & KUCHARZ IN BRÜNN

Verlag von Josef Šafář in Wien.

PATHOLOGISCHE
ANATOMIE DES AUGES.

SYSTEMATISCH BEARBEITET

VON

Dr. KARL WEDL,

WEIL. PROFESSOR DER HISTOLOGIE, K. K. HOFRAT,

UND

Dr. EMIL BOCK,

PRIMARARZT DER ABTEILUNG FÜR AUGENKRANKE IM LANDESSPITALE
ZU LAIBACH.
VORMALS ASSISTENT AN HOFRAT v. STELLWAG'S AUGENKLINIK.

Mit einem Atlas von 196 Figuren auf XXXIII Lichtdruck-Tafeln
in Quart.

Herabgesetzter Preis (statt M. 50.–) nur M. 30.— = K 36.—.